

مستقبل العمل

كيف ستُعِيد الثورةُ الصناعية التالية تشكيلَ العالَم؟ صفحة 24

علم الفلك

الثنائي الذهبي

آثار اندماج نجمين نيوترونيين

صفحة 44

أبحاث

التنقل له أهمية

حرية الحركة تعزِّز من قوة الاكتشافات العلمية

صفحة 35

تاريخ

فراغ غامض داخل الهرم الأكبر

كواشف الميونات تَعِد بنقلة نوعية في الاكتشافات الأثرية

صفحة 19

ARABICEDITION.NATURE.COM
ديسمبر 2017 / السنة السادسة / العدد 53
ISSN 977-2314-55003
nature الطبعة العربية ديسمبر 2017 / السنة السادسة
ARABICEDITION.NATURE.COM
العدد رقم: 53 npg

nature

ديسمبر 2017 / السنـــة السادسة / العـدد 53

NAE Riyadh office
Leaders Tower 1,
7853 takhassusi,
Al Olaya, Riyadh
12333 3214,
Saudi Arabia.

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم

في عدد نصف سنوي جديد من دورية "*Nature* الطبعة العربية"، نعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية *Nature* الدولية في أعدادها المنشورة في الفترة من يوليو إلى ديسمبر 2017، حيث يضم هذا العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تَقَدُّم العلوم. وفيما يلي نبذة عن أبرز ما ورد فيه:

في قسم "أخبار في دائرة الضوء"، وتحت عنوان "جسيمات الأشعة الكونية تكشِف عن غرفة سِرِّية في الهرم الأكبر"، نتعرف على كيفية اكتشاف فراغ غامض داخل الهرم الأكبر، يبلغ طوله 30 مترًا، باستخدام كواشف الميونات، ما يمكنه أن يساعد في الكشف عن كيفية بناء هذا المَعْلَم الأثري الضخم، البالغ من العمر 4500 عام. وفي القسم نفسه، نلقي الضوء على المحاولات الحثيثة والأبحاث التي تتم في مجال تكنولوجيا المياه في الأردن، التي أصبحت منصة اختبار دولية، لما تعانيه من شح مائي، أكثر من أي وقت مضى، على أمل أن يسهم الوصول إلى حل هناك في مواجهة أزمة المياه في باقي أنحاء العالم.

وتحت عنوان "جبل جليدي يكشف منظومةً بيئيةً سرية"، نعرض سباق علماء الأحياء، للإبحار تجاه موقع انفصال واحد من أكبر الجبال الجليدية المعروفة عن الجرف الجليدي "لارسن سي" في شبه الجزيرة القطبية الجنوبية؛ لدراسة البيئة الحياتية المكتشَفة في المنطقة، قبل أن تتغير.

وفي قسم التحقيقات، وتحت عنوان "شكل العمل في المستقبل"، نواجه الحقيقة التي لا مجال لإنكارها، وهي تغيُّر خريطة القوى العاملة بثلاث طرق مختلفة، نتيجة للتطور التكنولوجي المستمر، لكي نبدأ الاستعداد لهذا التحول، قبل أن تتركنا الثورة الرقمية خلفها عاطلين عن العمل. وفي تحقيق آخر، تحت عنوان "بلوتوبيا.. المدينة البحرية الفاضلة"، نتعرف على خطة مجموعة من رواد الأعمال لبناء جزيرة اصطناعية، تبلغ مساحتها ثلاثة أرباع هكتار من المنازل العائمة، ومساحات إجراء البحوث، مكوَّنة من منصّات متصلة ببعضها البعض، والهدف النهائي هو بناء دول كاملة السيادة في عرض البحر، تكون بمثابة مختبَر لعلم البيئة، وللتكنولوجيا، ولنماذج تجريبية من الحكومة، تتكون من وحدات نموذجية عائمة على سطح الماء.

وفي قسم "التعليقات"، تعرض لنا كاسيدي آر. سوجيموتو وزملاؤها تحليلًا للتنقل العالمي للباحثين، يُظْهِر أن تقييد حركة العلماء من شأنه أن يضرّ بالمنظومة العلمية بأكملها، وذلك في ظل الاضطرابات السياسية الأخيرة، التي تنذر بحقبة تزداد فيها النزعة الانعزالية في العالم.

ويستعرض هنري نيكولز في قسم "كتب وفنون" كتاب "الفناء الخلفي لمنزل داروين" الذي كتبه عالِم الأحياء التطورية جيمس كوستا، ويتضمن احتفاءً حماسيًّا - ولكنه متوازن - بهوس العالِم الكبير - الذي عاش في العصر الفيكتوري – تشارلز داروين بالبحث والتقصي طيلة حياته، وكيف أن الحقول والمروج المحيطة بمنزله كانت نسخة مصغرة من عالَمنا الكبير. وفي القسم نفسه، وتحت عنوان "آل جور، وفيلم جديد مزعج"، يستعرض مايكل مان الفيلم الثاني لرجل الدولة الأمريكي، الذي يسبر فيه أغوار التغير المناخي.

وفي قسم "صندوق الأدوات"، وتحت عنوان "نصائح الأمن الإلكتروني للعلماء المسافرين"، نعرض لكم طرقًا مختلفة لحماية بياناتكم البحثية الحساسة أثناء السفر، وذلك من خلال الشبكات الافتراضية الخاصة، وتطبيقات التتبع، وأجهزة الكمبيوتر المحمولة ذات الاستخدام المؤقت، على سبيل المثال.

وإذا كنتم من محبي الألعاب التي تهدف إلى مفاهيم علمية، أو تَسْعَون لتصميم أحدها، ستتعرفون في قسم "مهن علمية" على محاولات علماء لتصميم ألعاب من هذا النوع، سواء أكانت رقمية، أم لوحية، أم ألعاب ورقية، وذلك تحت عنوان "ألعاب علمية".

ويضم قسم "أنباء وآراء" عروضًا وتحليلات متعمقة لمجموعة بارزة من الأبحاث التي نُشرت خلال النصف الثاني من العام، ومنها تحليل تحت عنوان "ثنائي ذهبي"، استعرض فيه إم. كولمان ميلر كيف أن اكتشاف موجات الجاذبية الناجمة عن اندماج نجوم نيوترونية، ورصد الحدث عبر الطيف الكهرومغناطيسي، يُطْلِعانا على عدة جوانب للجاذبية والفيزياء الفلكية. كما نتعرف مع كيفين هينج، تحت عنوان " طبَقة شبيهة بطبقة الأوزون في الغلاف الجوي لكوكب خارج المجموعة الشمسية"، على اكتشاف يُظْهِر أن الطيف الحراري لكوكب خارج المجموعة الشمسية، يُدعى "المُشتري الساخن"، يكشف عن وجود نظير لطبقة الأوزون الأرضية، على الرغم من أن تكوينها غير معروف. وتحت عنوان "منبوذ يجد مأوى"، يعرض لنا تيري جانون تفاصيل اكتشاف علاقة بين زُمَر رياضية، يطلق عليها اسم "المنبوذين"، أو pariahs، وعالم الفيزياء، على عكس ما كان يُعتقد في السابق.

مدير تحرير الترجمة
القائم بأعمال رئيس التحرير
علياء حامد

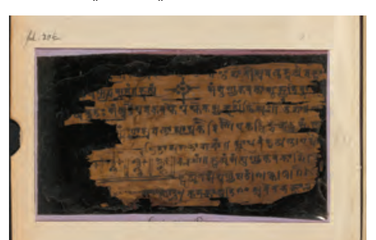
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الرقم: 340517

المحتويات

ديسمبر 2017 / السنة الخامسة / العدد 53

هـذا الـشـهـر



COVER BY CHRIS MALBON

مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

أخبـــار فى دائرة الضـوء

تحقيقات



على الغلاف

مستقبل العمل

تغيرات مثيرة في سوق العمل تعيد تشكيل المجتمع، والبيئة، والمشهد السياسي بسبب الثورة الرقمية. وفي هذا العدد نستطلع أي المهن أكثر عرضة لخطر أن يحل الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة محل العاملين بها، وما إذا كان «اقتصاد العربة» اللامركزي سيسود سوق العمل، وأفضل البرمجيات التي تعد العاملين لهذا التحول. صفحة 24

تعليقات





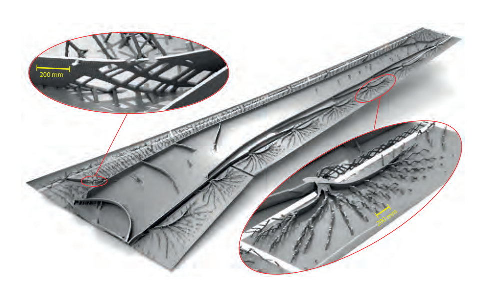
المحتويات

ديسمبر 2017 / السنة الخامسة / العدد 53

أبحـــاث

أنباء وآراء

ملخصات الأبحاث



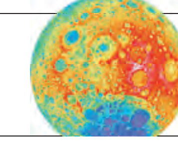
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هـــذا الشـــهــــر

افتتاحيات

الانتقال سهولة التحرك والتعاون الدولي تدفع بالبحث العلمي إلى الأمان **ص. 9**

رؤية كونية مناشدة رئيسة جمهورية لإعطاء اهتمام أفضل للنباتات **ص. 11**



علم الكواكب كشف بنية الغلاف العلوي للقمر **ص. 13**

تحريـر الأَجِنَّـة الأخـلاقي

إنّ التقدم في استخدام تقنية "كريسبر-كاس9" CRISPR–Cas9 لتحرير الخط النسيلي البشري يسلِّط الضوءَ على بعض الاعتبارات الأخلاقية المُلِحَّة فيما يتعلق بإجراء البحوث على الأجنة.

في أواخر شهر سبتمبر الماضي، نشرت دورية *Nature* نتائج تجارب استخدَمت تحرير الجينوم لتعديل الحمض النووي في جنين بشري. فقد استخدمت كاثي نياكان، من معهد فرانسيس كريك في لندن، وزملاؤها تقنية "كريسبر-كاس9" Crisper-Cas9، لإدخال طفرات في جين يُسمَّى *OCT4*، وأظهروا أهمية هذا الجين في توجيه مصير الخلية مع بدء بويضة مخصَّبة في الانقسام والتكاثر (N. M. E. Fogarty *et al*. *Nature* http://dx.doi.org/10.1038/nature24033; 2017).

ورغم أن البحث تناوَل مسألة أساسية في علم الأحياء البشرية، فإن فَهْم أحداث النمو المبكر يمكن أن يساعد أيضًا على تحسين ظروف زراعة الأجنة في علاجات التلقيح الصناعي (IVF) المستقبلية. كما يوفر معلومات مهمة عن الآلية التي تدعم تقنية التحرير الجيني، حيث لم يُسْمَح للأجنة التي تم التبرع بها مِن قِبَل أزواج خضعوا للتلقيح الصناعي أن تنمو في المختبر، سوى لبضعة أيام فقط.

في شهر أغسطس الماضي، نشرت دورية *Nature* ورقة بحثية أخرى ذات صلة، تناولَت كيف يمكن للتحرير الجيني للأجنة - باستخدام تقنية "كريسبر-كاس9" - تصحيح تطفُّر جيني محدد (H. Ma *et al*. *Nature* **548**, 413 – 419; 2017). لم تَستخدِم هذه التجارب – التي أجراها شوخرات ميتاليبوف، من "جامعة أوريجون للصحة والعلوم" في بورتلاند، وزملاؤه – أَجِنَّة من عيادات التلقيح الصناعي، بل قام الباحثون - بدلًا من ذلك - بتخليق الأجنة في المختبر، عن طريق تخصيب بويضات -حصلوا عليها عن طريق التبرع - بحيوانات منوية من متبرِّع ذكر، يحمل الجين المطفّر.

ويبدو أن نشر هذه الدراسات الآن مناسِب لجميع المعنيين؛ لتقييم ومناقشة كيفية توجيههم هذا النوع من البحوث.

التوافق الأخلاقي

لا يزال تطوير تقنية "كريسبر-كاس9" كأداة فعالة لتحرير الجينوم قيد الفحص والتمحيص الدقيق؛ إذ يحمل معه إمكانية إجراء العلماء تعديلات دائمة على الخط النسيلي البشري. وعليه، حددت مجموعات متخصصة هذه التحديات الأخلاقية، وقدَّمت بعض التوصيات بشأن أفضل الطرق للدفع قُدُمًا بالبحوث التي تطبِّق التحرير الجيني على الأجنة البشرية. وقد أرشدت المبادئ التوجيهية محل التوافق – مثل المبادئ القائمة على جهود اتحاد أخلاقي ذي تخصصات متعددة، يُسمَّى "مجموعة هينكستون"، إضافة إلى جهود مستقلة بَذَلَتْها الأكاديميات الوطنية الأمريكية للعلوم والهندسة والطب، والاتحاد الدولي لبحوث الخلايا الجذعية، وغيرها – إلى إمكانية تبرير تحرير الخط النسيلي البشري لأغراض علمية تتعلق بالبحث في أساسيات علم الأحياء.

تؤكد هذه المبادئ أيضًا على ضرورة إجراء البحوث الأساسية الجوهرية؛ للتحقق من سلامة ودقة وجدوى تحرير الجينوم، كأداة إكلينيكية محتملة. وبناء على ذلك، فإنه لا يمكن النظر في التطبيقات الإكلينيكية، إلا بعد إجراء عمل تأسيسي بحثي قوي، وفي الحالات التي تُعتبر مقبولة فقط، وذلك بعد دراسة البدائل بدقة، وإجراء المزيد من النقاشات المجتمعية.

تهدف كلتا الدراستين اللتين نُشرتا في دورية *Nature* إلى تقديم إجابات على بعض الأسئلة العلمية الجوهرية. ووفقًا للمبادئ التوجيهية محل التوافق، خضعت الدراستان لتقييم أخلاقي صارم وشامل في مراحل الإعداد والتنفيذ ومراجعة الأقران (كما هو مبين في سياستنا (انظر: go.nature.com/2xigr4g). وقد تم اعتماد الدراستين من قِبل الهيئات المختصة، وحصلتا على موافقة كاملة من الناحية الأخلاقية، وموافقة الأزواج الذين تبرعوا بالأجنة، والبويضات، والحيوانات المنوية.

تُعَدّ الدراستان ذواتَيْ قيمة كبرى من عدة جوانب؛ إذ تطرحان رؤى مهمة في بيولوجيا الأجنة البشرية، والآليات الممكنة لتحرير الجينوم في هذا السياق. كما تسلِّط الدراستان الضوء على القضايا التقنية والأخلاقية التي تمدّ الباحثين والممولين ــ إلى جانب الدوريات العلمية، والجهات التنظيمية كذلك - بما يلزمهم من معلومات في أثناء تخطيط وتقييم المشروعات المستقبلية في هذا المجال.

وتحديدًا.. تبيِّن الدراستان أهمية إجراء تقييم صحيح لملاءمة نوع وعدد الأجنة اللازمة؛ لإجراء المشروعات البحثية التي تبحث في الجوانب المختلفة لتحرير الخط النسيلي البشري.

وربما يمثل استخدام الأجنة المتبرَّع بها، الفائضة من التلقيح الصناعي، طريقة أفضل للإجابة عن بعض الأسئلة البحثية من استخدام الأجنة المخصبة في المختبر، فربما يقدِّم التنوع الكامن في الأجنة المتبرَّع بها ميدان تجارب أكثر دقة وواقعية؛ للتحقق من بعض القضايا، مثل معدل التغيرات الجينية غير المتعمَّدة، البعيدة عن الهدف، التي يمكن أن تحدث عند استخدام التحرير بتقنية "كريسبر-كاس9". وفي الوقت الحالي، من المرجح أن يواصل التصحيح المستهدف لطفرات محددة الاعتماد على البويضات والحيوانات المنوية المتبرَّع بها، التي تحمل الحمض النووي المتطفر، والتي تُستخدم بعد ذلك في إنتاج بويضة مخصبة في المختبرات البحثية.

> **«تطرح هاتان الدراستان رؤى مهمة في بيولوجيا الأجنة البشرية».**

في كلتا الحالتين، تدعم دورية *Nature* - بشكل كامل - مبدأ ضرورة إحاطة جميع المتطوعين بتفاصيل البحوث المحددة التي سيتم إجراؤها باستخدام ما تبرعوا به، كما ورد في الجزء الخاص بمنهجية البحث في كلتا الدراستين.

ومع الأخذ في الاعتبار الطبيعة الحساسة للمادة المُتبرَّع بها، يجب أن يُظْهِر الباحثون أن لديهم اعتبارات علمية وأخلاقية متوازنة؛ لتحديد العدد المناسب للأجنة المستخدَمة. كما يجب أن يضمنوا أن التجارب ستقدِّم إجابات علمية قاطعة، بتقليل استخدامهم للمادة قدر الإمكان. وقد يعني ذلك – مثلما كان الحال في كلتا الدراستين المنشورتين – أنه يجب على الباحثين القيام أولًا بالأعمال المقررة على الخلايا الجذعية البشرية متعددة القدرات، أو على أجنة الفئران؛ من أجل تهيئة الظروف المثلى. ومن ناحية أخرى، يجب على الدوريات العلمية، والمراجعين، والمحرِّرين النظر في أي من الأسئلة التي تثار في أثناء مراجعة الأقران يمكن الإجابة عليها باستخدام أنظمة أخرى غير الأجنة البشرية.

وثمة نقطة يتعين على المجتمع البحثي النظر فيها، وهي ما إذا كان من الممكن أن تخضع هذه الدراسات الأولية لعملية مراجعة الأقران، أم لا، وأن يُنظر في نشْرها قبل اختبار الفرضية في الأجنة. فهذه المراجعة المستقلة من قِبل الأقران يمكن أن تحدث بالتزامن مع النظر في المشروع من قِبل الجهات التنظيمية، ويمكن أن تبلغ قراراتها بشأن مصادر الأجنة، وحدود التجارب.

سوف تختلف المتطلبات الخاصة بالدراسات؛ لكنْ يبدو أن وجود إطار عمل قوي لتقييم هذه الدراسات في وقت مبكر بقدر الإمكان هو الطريقة المثلى لضمان استيفائها لأعلى المعايير. ولذلك.. فإن الجهات التنظيمية، والممولين، والعلماء، والمحررين بحاجة إلى مواصلة العمل معًا؛ لتحديد تفاصيل مسار تقدُّم عمليات تحرير جينوم الخط النسيلي؛ بما يضمن استخدام الموارد والأدوات القيمة المتاحة لدينا حاليًّا بناءً على تقييمات صحيحة. ■

اللعبــة مستمــرة

تتوافر الآن آفاق رحبة لدراسة آثار ألعاب الإنترنت على عقول الأطفال.

تحذير للآباء والأمهات: لعبة كمبيوتر صينية مدوية النجاح، وتسبِّب الإدمان إلى درجة جعلت وسائل الإعلام الحكومية تطلِق عليها اسم "السم"، تغزو العالم بالتدريج. يمارِس فعليًّا لعبة "شرف الملوك" *Honour of Kings* متعددة اللاعبين حوالي 200 مليون مستخدِم، أغلبهم من الصين، وتشير تقارير إلى إمكانية إطلاق هذه اللعبة في وقت لاحق من هذا العام للمراهقين المتحمسين في أوروبا والولايات المتحدة.

ورغم أن تحميل اللعبة على أجهزة الهواتف المحمولة مجاني، إلا أنها تشجِّع اللاعبين على الإنفاق على ترقية الشخصيات، وتزويدها بالمعدات، وهو ما يفعله الكثيرون بالفعل، مما يجعلها اللعبة الأكثر إدرارًا للربح من نوعها في العالم. ولكن مع ما تواجهه من ردود أفعال عنيفة في وسائل الإعلام، وشكاوى من الآباء، أعلنت الشركة المنتجة - في شهر يوليو الماضي - عن فرض قيود صارمة على استخدامها. فقد حددت شركة "تينسنت" Tencent القابضة - في مدينة شنجن الصينية - مدة اللعب للمستخدمين الذين تقل أعمارهم عن 12 عامًا، بساعة واحدة يوميًّا، مع مَنْعهم من اللعب نهائيًّا بعد الساعة التاسعة مساء، وحَدَّدت للمستخدمين الذين تتراوح أعمارهم بين 12، و18 عامًا ساعتين فقط. (هذه القيود يمكن تفعيلها؛ حيث يجب على اللاعبين تسجيل أنفسهم، وتسجيل الدخول).

ليست الصين هي الدولة الوحيدة التي يرى مراهقوها أن استخدامهم للهواتف المحمولة يتعرض للكبح. ففي دول أخرى، تتخذ المدارسُ أيضا مواقف مشابِهة. فقد تصدرت "مدرسة ستراود الثانوية" في بريطانيا عناوين وسائل الإعلام - في شهر يوليو الماضي - عندما أعلنت أنها لن تسمح للطلاب الذين تتراوح أعمارهم بين 12، و14 عامًا باستخدام هواتفهم المحمولة أثناء اليوم الدراسي، بينما ستسمح للطلاب الذين تبلغ أعمارهم 15، و16 عامًا باستخدامها في استراحة الغداء فقط. وأخبر مدير المدرسة، مارك ماكشين، أولياء الأمور بأن هذا الإجراء من شأنه أن يحدّ من التأثير السلبي المحتمَل لوسائل التواصل الاجتماعي على صحة أطفالهم النفسية، وعلى سعادتهم.

> «إساءة استخدام ألعاب الإنترنت، ليس بالضرورة أن تؤدي إلى تلف الدماغ، لكي تصبح اضطرابًا جديرًا بالبحث».

هذه الآثار – وغيرها، مما يُعزَى إلى الانتشار المتزايد للأجهزة الإلكترونية – هي أحدث معارك الجدل المستمر حول تأثير وسائل الإعلام المرئية والتفاعلية على العقول والأدمغة. فمِن مقاطع الفيديو التي تحتوي على مَشاهد عنف مفرط، إلى ألعاب الفيديو البذيئة، تمثل طريقة ومدى تأثُّر أفكار وسلوكيات الأطفال (وبعض مَن تجاوزوا هذه المرحلة) بما يشاهدونه على شاشاتهم مصدرًا دائمًا للخلاف.

فبينما يحذِّر بعض الأكاديميين من المخاطر، يقلل آخرون من شأنها. ويشير كل طرف إلى ما لديه من أدلة لدعم موقفه، ويؤكد عدم وجود معلومات كافية تدعم وجهة نظر الطرف الآخر. كما تعاني المبادئ التوجيهية من عدم الوضوح. ففي العام الماضي، حَدَّثت الأكاديمية الأمريكية لطب الأطفال نصائحها، وهي الآن تحذِّر من استخدام وسائل الإعلام من قِبَل الأطفال الذين تقل أعمارهم عن 18 شهرًا، فيما عدا محادثات الفيديو. أمّا بالنسبة إلى الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين سنتين إلى 5 سنوات، فتوصي الأكاديمية بأنْ يحدد الآباء وقت الشاشة بساعة واحدة يوميًّا من البرمجة "عالية الجودة".

وتشدد جميع الأطراف على ضرورة إجراء مزيد من البحوث، بينما يختلفون فقط حول ما يجب عمله في هذه الأثناء. ويتعلق هذا الأمر بالسياسة والتفضيلات الشخصية، بقدر ما يتعلق بالعلوم.

يتطلب إحراز تقدُّم على هذا الصعيد مزيدًا من الدقة؛ لتحديد ما تتجادل بشأنه هذه الأطراف. فرغم ذيوع الأمر في أوساط الآباء والأمهات، ورغم أنه يمثل محور جدل مجتمعي عام، فإن آثار "وقت الشاشة"، والقيود المحتملة على الوصول إليها، تبدو غامضة، إلى درجة لا تسمح بتدخُّل علمي مكثف وهادف. وتتعدد الفوائد المزعومة بقدر ما تتعدد المخاطر المزعومة أيضًا. وبالمثل، بينما يشخِّص كثيرون حالتهم على أنها "إدمان الإنترنت"، فإن تصنيف، وتحديد، ومقارنة النقطة التي يصبح عندها النشاط (المفيد والمنتِج) مشكلةً علمية وطبية ليس بالأمر الهين. (وهذا ينطبق على كثير من حالات الإدمان السلوكي؛ فهذا لا يجعلها غير حقيقية، وإنما يصعِّب فقط عملية تأطيرها).

ربما تتيح ألعاب الكمبيوتر - مثل "شرف الملوك" - فرصة في هذا السياق؛ فالبيانات المتعلقة بهوية الشخص الذي يمارِس اللعبة، ومدة اللعب، متاحةٌ. ويمكن نظريًّا تتبُّع التدخلات - مثل القيود التي تم فرضها في الصين - وإخضاعها لضمانات حماية الخصوصية المناسِبة. ورغم أن الأمر لا يزال محل جدل، فإنه قد تم بالفعل إجراء محاولات لتقييد وتشخيص أحد السلوكيات الإشكالية التي قد تظهر، وهو حالة يُطلق عليها "اضطراب ألعاب الإنترنت". وقد تم إدراج هذه الحالة للمرة الأولى في طبعة عام 2013 من "الدليل التشخيصي والإحصائي للاضطرابات النفسية" *DSM*، الذي تصدره "الجمعية الأمريكية للطب النفسي"، باعتباره مجرد موضوع يستحق مزيدًا من الاهتمام.

لذا، فليتهكَّم المتهكمون، لكنّ إساءة استخدام ألعاب الإنترنت ليس بالضرورة أن تؤدي إلى تلف الدماغ، لكي تصبح اضطرابًا جديرًا بالبحث. وبالنسبة إلى المراهقين، فإنه حتى الآثار الظاهرية الطفيفة - مثل اضطرابات النوم - يمكن أن تتفاقم سريعًا، لتتحول إلى نقص القدرة على التركيز، وضَعْف في الأداء الدراسي.

كان هذا هو أحد الأسباب التي دعت كوريا الجنوبية إلى إطلاق تجربة محلية في عام 2011، عندما حظرت دخول مَن تقل أعمارهم عن 16 عامًا إلى ألعاب الفيديو الموجودة على الإنترنت بعد منتصف الليل. وقد وصفت الدولة هذه السياسة بأنها "قانون لإيقاف التشغيل"، وليست مجرد "تجربة"، لكنها - رغم ذلك - منحتْ العلماء فرصة لإجراء بعض البحوث التي يتفق الجميع على أهميتها.

وفي شهر يوليو الماضي، نشر العلماء بعض النتائج الأولية (.L. Changjun *et al* *Telematics Inform*. http://doi.org/b9sq; 2017). وكالعادة، تتيح هذه النتائج لكل طرف من طرفي الجدل أن يَدَّعِي النصر لنفسه. فلقد زاد استخدام الإنترنت بعد صدور هذا القانون (ربما زاد دخول المراهقين أثناء ساعات النهار على سبيل التعويض)، لكن السلوك الإدماني تَراجَع، وزادت فترات النوم، ولكن بمعدل 1.5 دقيقة فقط في الليلة. ويقول العلماء إن التأثير كان ذا دلالة إحصائية، لكنه لا يكفي لتبرير سياسة القبضة الحديدية للدولة "المستبدة". ويمكننا القول إنّ الانتصارات متكافئة حتى الآن. ■

آلــة الوميــض

على مدى خمسين عامًا منذ اكتشافها، أثبتت النجوم المشعة قيمتها العلمية.

يعي العلماء جيدًا أن الطبيعة – في كثير من الأحيان - تقدم نسخةً من الواقع، أسوأ وأكثر إزعاجًا من تلك التي كانوا يطمحون إليها. لكن، هناك مناسبات نادرة يجود فيها الكون بهدايا حقيقية. حلت إحدى هذه المناسبات قبل 50 عامًا، مع اكتشاف النجوم المشعة. فعلى مدى العقود التالية، سمحت هذه النجوم بالغة الدقة ذات الوميض المتقطِّع لعلماء الفلك باختبار الجاذبية، وسبر أغوار الفضاء السحيق. وقد تكون هذه النجوم لاحقًا بمنزلة النظام العالمي المستقبلي لتحديد المواقع.

في هذا السياق، قالت جوسلين بيل بورنيل، أول مَن اكتشف وجود نجم مشع: إن هذا النجم بزغ "كشيء ضئيل الشأن" في الناتج المهلهل من مصفوفة راديوية مبنية يدويًّا، في "مرصد مولارد الراديوي الفلكي" في كمبريدج، بالمملكة المتحدة. وبعد سنتين من المساعدة في بناء المصفوفة، بدأت باحثة الدكتوراة تشغيل المعدات في شهر يوليو من عام 1967، لتحليل 29 مترًا في اليوم من تسجيلات الرسوم البيانية. وكشفت الأسابيع التالية عن زيادة مفاجئة في الإشارة الصادرة من بقعة معينة من السماء، ومع فحصها بصورة أدق، تَبيَّنَ أن هذه الزيادة ليست سوى فترات فاصلة تتكرر بدقة كل 1.3 ثانية. وسرعان ما أعقب ذلك ثلاثة اكتشافات مشابهة.

لكن بيل بورنيل لم تدرك الثورة التي أشعلت فتيلها مع مشرفها أنتوني هيويش، إلا عندما لفتت الندوة –التي عُقدت للإعلان عن النتائج، قبل نشرها عام 1968 في دورية *Nature* (A. Hewish *et al*. *Nature* **217**, 709 – 713; 1968) انتباه "جميع علماء الفلك في جامعة كمبريدج". وبحلول نهاية العام، انتشر هذا الشغف في جميع أنحاء العالم؛ إذ عثر علماء الفلك على عشرات من هذه 'النجوم المشعة'. وقد فسر عالِم الفيزياء الفلكية النمساوي توماس جولد ذلك بأن هذه الأجسام هي النجوم النيوترونية التي تم التنبؤ بها في الثلاثينيات، لكن أحدًا لم يرها قبل ذلك. وقال إنه

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في حالة إحاطتها بمجالات مغناطيسية قوية، فإن هذه اللباب شديدة الكثافة من النجوم المتفجرة، من شأنها أن تشكل عمودًا إشعاعيًّا، يمكنه أن يجتاز الأرض، وكأنه شعاع صادر عن منارة.

والنجوم المشعة أجسام مذهلة؛ فهي نجوم ميتة بحجم مدينة، تفوق كتلتها كتلة الشمس، وتقدَّر مجالاتها المغناطيسية بحوالي 20 تريليون مرة، من مثل المجال المغناطيسي للأرض، وتدور بسرعة تصل إلى 70,000 كيلومتر في الثانية. لكن علماء الفلك سرعان ما ذهبوا أبعد من مجرد النظر إلى حالة النجوم المشعة، باعتبارها أجسامًا مثيرة للاهتمام، لينظروا فيما ما قد تتيحه من فرص، باعتبارها مسابير كونية.

تنتظم الومضات التي تبثها هذه النجوم انتظام دقات الساعة، ويعطي كلٌّ من التوقيت والاستقطاب وشكل الإشارات الواردة، مؤشراتٍ عن البيئة التي وُلدت فيها، والرحلة التي قطعتها. ومنذ ستينيات القرن الماضي، سمحت الدراسات الدقيقة لضوء النجوم المشعة، لعلماء الفلك بدراسة كل شيء، بدءًا من الهالة الشمسية أو الغلاف الجوي الخارجي، إلى كثافة المادة فيما بين النجوم.

كما قدمت النجوم المشعة أيضًا وسيلةً لدراسة الجاذبية في حالاتها القصوى، وذلك عندما عثر علماء الفلك عام 1974 على أحد هذه النجوم يدور حول نجم نيوتروني آخر في نظام ثنائي. كما تمخضت هذه الرقصة السماوية أيضًا عن أول دليل على وجود موجات الجاذبية ، وذلك عندما تَبيَّن أن معدل تباطؤ النجوم في مداراتها، يطابق التنبؤات الواردة في نظرية أينشتاين العامة بشأن نسبة الطريقة التي تفقد بها مثل هذه الأجسام السريعة والثقيلة طاقتها، بينما تنبعث منها تموُّجات في نسيج الزمان والمكان. وفي عام 1992، كشفت قياسات دقيقة للموجات الراديوية عالية التردد، الصادرة عن النجم المشع PSR1257+12، عن أول كوكب خارج المجموعة الشمسية.

واليوم، رأى علماء الفلك أكثر من 2,000 نجم مشع، ولم يفتر تدفق الأفكار بشأن كيفية استخدامها. ويأمل أعضاء "مجموعة توقيت النجوم المشعة" أن يتمكنوا من استخدام النجوم المشعة للكشف عن موجات الجاذبية مباشرة، وذلك من خلال الطريقة التي يغير بها تمدُّدُ الزمان والمكان وانكماشهما توقيتَ وصول النبضات من مصادرها عبر السماء. كما لا بد وأن تكشف الدراساتُ التي تتناول النجوم المشعة باستخدام "مستكشف التركيب الداخلي للنجوم النيوترونية" (NICER)، التابع لوكالة ناسا، الطريقةَ التي تتصرف بها القوى النووية في البيئات المتطرفة (انظر: *Nature* 546, 18; 2017)، كما ستختبر المهمة نفسها إمكانية استخدام النجوم المشعة لتثليث الموقع في نظم الملاحة التي لا تحتاج إلى الاتصال بالأرض.

وبالعودة إلى عام 1967، عندما رأت بيل بورنيل الإشارة للمرة الأولى، واستبعدت هي وهويش التدخلَ ذا الأساس الأرضي، اعتبرا لفترة وجيزة أنهما ربما يشهدان رسالة من حضارة فضائية. حتى مجرد طرح هذه الفكرة، أثار اهتمام الصحافة بصورة كبيرة (وصنع شهرة جديدة لبيل بونيل، أثارت تساؤلات غريبة من قبل الصحافة عن –على سبيل المثال- عدد العلاقات الرومانسية التي أقامتها، وعن طول قامتها مقارنة بالأميرة مارجريت، الشقيقة بالغة الجمال للملكة إليزابيث الثانية). فقد كان من شأن اكتشاف حياة خارج كوكب الأرض أن يكون –في الواقع– أمرًا بالغ الأهمية. ولكن –باختصار- كانت النجوم المشعة تتعلق بالشيء الأكثر إثارة الذي كان بإمكانهم العثور عليه، وكانت مفيدة أيضًا. بعبارة أخرى، كانت هدية الكون المثالية. ■

العلــوم المفتوحــة

سهولة التحرك والتعاون بين الدول تدفع بالبحث العلمي إلى الأمام.

تجاوبت مختبرات للتكنولوجيا الحيوية الأمريكية مع مساعي الرئيس دونالد ترمب للحّد من الهجرة؛ وذلك عن طريق نشر صور جماعية متناقضة، تبين ما يمكن أن تقدمه الحدود الدولية الأقل انفتاحًا للقوى العاملة في الداخل. تُظْهِر إحدى الصور جميع مَن يعملون عادة في المختبر، بينما تتضمن صورة ثانية المقيمين الدائمين فقط في الولايات المتحدة، تليها صورة لمواطنين أمريكيين فقط، ثم صورة لمَن وُلدوا في الولايات المتحدة، والذين وُلد آباؤهم أيضًا هناك (انظر، على سبيل المثال، go.nature.com/2ft02xj). يلفت تَراجُع الأعداد من الصورة الأولى إلى الأخيرة الأنظارَ بشدة؛ ففي بعض الحالات يختفي من الصورة حوالي ثلثي العاملين. ويعكس ذلك حقيقة واسعة الانتشار في مجال البحث العلمي. فقد أثبتت دراسة تحليلية أُجريت في عام 2012 أن أكثر من 60% من باحثي ما بعد الدكتوراة في الولايات المتحدة قد نشأوا خارجها (انظر: *Nature* **490**, 326–329; 2012).

عندما يتعلق الأمر بالتأليف المشترك، فإن الباحثين في أوروبا هم الأكثر عددًا على مستوى العالم. ففي عام 1981، تَضَمَّن بحثٌ واحد فقط تقريبًا من كل ستة بحوث كَتَبَها علماء أوروبيون مؤلفين مشاركين من دولة أخرى. وبحلول عام 2011، كانت هذه النسبة قد ارتفعت إلى بحث واحد من بين كل اثنين. كما تميل البحوث التي تضمّ مؤلفين من أكثر من بلد واحد إلى تحقيق معدلات أعلى من الاستشهاد بها (J. Adams *Nature* **497**, 557–560; 2013).

في الأسبوع الأول من شهر أكتوبر الماضي، نشر قسم "تعليقات" في دورية *Nature* اثنتين من الدراسات التحليلية الببليومترية، أشارتا إلى أن سهولة الحركة والتنقل عبر العالم لها تأثيرات مماثلة على تعزيز العلوم.

توصلت الدراسة الأولى إلى أن الباحثين يؤسسون روابط وثيقة بين الدول في أثناء تجوالهم حول العالم. يتتبع المؤلف 16 مليون باحث قاموا بنشر أبحاث لهم في الفترة من عام 2008 إلى عام 2015. من بين هؤلاء، قام حوالي 4% فقط بالنشر في دول مختلفة، إلا أن معدلات الاستشهاد بدراساتهم جاءت أعلى بنسبة 40%، مقارنة بهؤلاء الذين لم ينشروا سوى في منطقة واحدة فقط، وهو ما انطبق على 13 منطقة. والأهم من ذلك، أن العلماء المتنقلون بين الدول احتفظوا بعلاقات في الدول التي غادروها.

أما الدراسة الثانية، فتشير إلى أن الدول التي تضم قوى عاملة علمية متنقلة تنتج بحوثًا تحقِّق معدلات استشهاد أعلى (وهذه الدول هي نفسها التي تحظى بالنصيب الأكبر من البحوث المؤلَّفة دوليًّا). وتبيِّن الدراسة التحليلية أن رغبة إحدى الدول في السماح للعلماء بعبور الحدود كانت تَنَبُّؤًا أفضل بالبحوث ذات معدلات الاستشهاد الأعلى، من نسبة الناتج المحلي الإجمالي الذي أنفقته هذه الدولة على البحث العلمي.

إلا أن هذه القضايا تنطوي على درجة كبيرة من التعقيد، فمعدلات الاستشهاد لا تدل بالضرورة على الجودة، أو مدى التأثير، أو الأهمية طويلة المدى. كما أن هناك عوامل محيرة كثيرة تعوق محاولات ربط السياسات بالتأثير. ومع ذلك، فإن هذه الدراسات ضرورية، من أجل تزويد السياسات بالأدلة الخاصة بأفضل الطرق لدعم المنظومة العلمية.

إنّ فوائد الحركة والتنقل عبر العالم ليست واضحة تمامًا. ويبدو أن العلماء البارزين الذين يغيِّرون انتماءهم المؤسسي (وليس انتماءهم الوطني) يعزِّزون كلًّا من الناتج، والتأثير (G. Halevi *et al*. *Publ*. *Res*. *Q*. **32**, 22–37; 2016). وربما تكشف دراسات أخرى عما إذا كانت البحوث الدولية – أو الدول الأكثر انفتاحًا – تنتِج علومًا أكثر ابتكارية، أو أكثر أهمية، أم لا. لذا، يجب الكشف عن تفاصيل الفوائد النسبية للتعاون، أو دور التخصص، أو المرحلة المهنية في تحديد الآثار المترتبة على التنقل الدولي. كما يجب الكشف عن آثار بعض السياسات المحددة، مثل سهولة حصول المتدربين المحتمَلين والعلماء العاملين على تأشيرات، أو أي وسائل أخرى لدعم السفر.

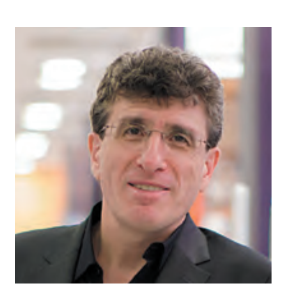
«مراكز النفوذ العلمي القائمة حاليًا ليس مقررًا لها أن تستمر إلى الأبد.»

وثمة سؤال أكبر من ذلك، هو: هل يحقِّق تدفُّق العلماء البارزين على بلدٍ ما فوائد ملموسة للمواطنين الذين تُمَوِّل أموال ضرائبهم بحوثَ هؤلاء العلماء ودراساتهم؟ وماذا يحدث عندما تتدفق أموال إحدى الدول على المتعاونين الدوليين لأحد العلماء؟ تشير الأدلة المستمَدة من براءات الاختراع والتقدم التكنولوجي إلى أن هذا النوع من الاستثمار يدرّ أرباحًا طائلة، لكن يجب الانتباه إلى التحقق من أن ارتباط دولة ما بالعلماء الدوليين البارزين يدعم أيضًا الدراسات التي تتناول الاهتمامات والاحتياجات المحلية.

وفي هذه الأثناء، تبدو مراكز النفوذ العلمية في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة عازمة على غلق أبوابها. فالقيود التي فرضتها الولايات المتحدة على السفر، بدءًا من نهاية سبتمبر الماضي، توجِّه رسالة إلى العلماء العاملين من ثماني دول بعدم الترحيب بهم، كما أن خروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي يعرِّض التعاون العلمي وإمكانية الاستفادة من الأموال الأوروبية لمخاطر جسيمة.

ومن المتوقع أن الدول الأكثر ترحيبًا ستستفيد كثيرًا؛ فثمة اتجاه واحد واضح على المدى الطويل، وهو أن مراكز النفوذ العلمي القائمة حاليًّا ليس مقررًا لها أن تستمر إلى الأبد. ويمكن للصورة أن تتغير، وبسرعة. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp



ANDREW NEARY/NYU LANGONE HEALTH

لا تتعاملْ مع العلوم الطبية الحيوية على أنها تجارة

يجب على مجال العلوم التخلي عن العقلية الإنتاجية التجارية، والتركيز على الكيف، لا الكمّ، كما يقول **ميشيل باجانو**.

بينما يحتدم الجدال بين البيت الأبيض، والكونجرس الأمريكي حول الميزانية المقترحة من قِبَل الرئيس دونالد ترامب، تصبح مستويات التمويل مرة أخرى مصدر قلق بالنسبة إلى العلماء، لكن زيادة التمويل ليست بالأمر الكافي للوصول بالعلوم إلى مستوى أفضل. لقد تعرضت المنظومة العلمية للخيانة بكل تأكيد، بسبب سوء إدارة مخصصاتها المالية.

أعملُ في المجال الأكاديمي منذ أكثر من عقدين كاملين، وكنت محظوظًا بما يكفي لأحصل على تمويل كاف بشكل عام. ففي عام 1993، انتقلتُ من إيطاليا إلى الولايات المتحدة، التي أعتبرها أفضل مكان في العالم لإجراء بحوث الطب الحيوي – وهي حقًّا جديرة بهذا الاعتبار. ومنذ ذلك الحين، كنت شاهدًا على تحولات العلم ببطء نحو مسار مضطرب. والآن، في ظل الجدل حول مخصصات تمويل العلوم، حان الوقت للوقوف على الخسائر، وما يمكن تعويضه.

بين عامي 1998، و2003، تضاعفت الميزانية السنوية تقريبًا لمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية (NIH)، إذ زادت من 13.7 مليار دولار أمريكي إلى 27.2 مليار. وكان يُفترض في هذه الزيادة المحمودة أن تكافئ الأعمال الجيدة، وتقلل الوقت الذي يقضيه العلماء في عملية التقديم للحصول على المنح، لكنْ كانت لها عواقب أخرى غير مقصودة.

أدَّت وفرة المال إلى زيادة أعداد العاملين في المجال العلمي، وكذلك عدد المنتجات التي تُسوّق للعلماء، لكنها لم تفعل سوى القليل في دفع التفوق في المجال. فقد أدت الزيادة هذه إلى ظهور نهج "الكَمّ على حساب الكيف"، وهو نهج يناقض المبدأ الجوهري الذي يُفترض أن تقوم عليه العلوم. كما أدت إلى تعزيز فكرة أن العلم الأكاديمي هو أشبه بمشروع تجاري يجب أن يحافظ على استمرار نموه عامًا بعد عام. وهذه السمة التجارية التي طغت على العلوم، مع تركيزها على خلق فرص وظيفية، وقابلية تطبيقها في نطاقات أخرى، تقوض حرية الأفكار التي تسمح بحدوث تقدُّم هائل وغير متوقَّع في أغلب الأحيان.

من عام 1993، حتى عام 2007، تضاعف عدد درجات الدكتوراة الممنوحة في الطب وعلوم الحياة في الولايات المتحدة بأكثر من أربع مرات، ليصل العدد إلى أكثر من 8 آلاف درجة كل عام. كما زاد حجم ونشاط المؤسسات الأكاديمية أيضًا. ويرجع ذلك جزئيًّا إلى رغبة في زيادة التمويل الذي يتلقونه من "معاهد الصحة الوطنية" الأمريكية. فقد أنشأت مؤسسات أكاديمية عديدة مرافقَ بحثية إضافية، يعمل بها علماء في مناصب غير ثابتة، مقابل إسهامات مالية من المِنَح، تكون ممولة بشكل كبير من المِنَح المتلقاة. وقد تضاعف عدد المتعاقدين الذين يستفيدون من أموال "معاهد الصحة الوطنية". كما ازدهرت الشركات التي تبيع الكواشف الكيميائية والمعدات، وغالبًا ما تغالي في أسعارها.

من المؤسف أن أحد المعايير الأساسية لترتيب جامعات الطب الحيوي في الولايات المتحدة هو إجمالي التمويل الذي تحصل عليه من "معاهد الصحة الوطنية" الأمريكية. ففي بعض الحالات، ربما يكون هذا الازدهار قد أدى إلى تمييع جودة العلوم، بعد زيادة الوظائف والمناصب المتاحة بمعدل أكبر من معدل زيادة أعداد الباحثين المؤهلين والمتحمسين لشغل هذه المناصب. وكانت النتيجة هي نقص في مخصصات التمويل للفرد الواحد، وانهيار معدلات النجاح في طلبات المِنَح.

ومنذ عام 2003، بدأت مخصصات التمويل المقدَّمة من "معاهد الصحة الوطنية" - المعدَّلة وفقًا للتضخم - في التناقص، ما دعا إلى استغلال العمالة الرخيصة الناتجة عن وفرة في أعداد طلاب الدراسات العليا، وباحثي ما بعد الدكتوراة.

إن دورات الازدهار ثم الانحسار تلك - وهي سمة تحدث في عالَم التجارة والأعمال - تزعزع الاستقرار؛ فالتوسع السريع تتبعه منافسة حادة تشجع الناس على التركيز على الكَمّ، كبديل مرئي للكيف. وتؤدي دورات الازدهار ثم الانحسار تلك أيضًا إلى نشوء أسواق جديدة وغير ضرورية. وتبعت شركات الكواشف الكيميائية - التي كانت أشبه بالأسود الضارية - فئة أخرى مثيرة للشفقة من المنتفعين البائسين، وشملت دوريات إلكترونية علمية زائفة، لا تُمَانِع في نشر أبحاث علمية ضعيفة، مقابل مَبالغ مالية، واجتماعات علمية صورية تُقام في أماكن سياحية وخلابة، ودورات تدريبية هزيلة، وأدلة إرشادية تَدَّعِي تقديم "كل ما تحتاج أن تعرفه" لكتابة طلبات ناجحة؛ للحصول على مِنَح. باختصار، فاحت رائحة المال من الجميع.

شجع هذا الوضع القائم العديد من العلماء على القيام بأقل قدر ممكن من الأعمال البحثية، باستخدام أكبر كمية من المال، أي بَذْل جهد أكبر في التقدم للحصول على مِنَح من الجهد المبذول في تنفيذ الأبحاث العلمية نفسها. وقد تفاقم هذا الموقف مِن قِبَل وكالات المنح ولجان الترقية، التي تُقيِّم العلماء وفقًا لإنتاجيتهم، وهي كلمة تنتمي إلى مصطلحات التجارة والأعمال، وليس إلى المعجم الأكاديمي.

> عندما يصبح العلم **تجارة،** لا يهم وقتئذ إنْ كان المنتج ذا جودة عالية، أم لا، بل الأهم **حجم مبيعاته**

وقد شَوَّهَت روح التجارة تلك فِكْر دور النشر الكبرى أيضًا، فبسبب "المبالغة في الادعاءات" (انظر: W. G. Kaelin Jr *Nature* **545**, 387; 2017)، ينبغي على كل بحث أن يكون بمثابة خبر كامل من الاكتشافات الأساسية، وتطبيقاتها الفورية. ولَاحِظْ كيف حَلَّت كلمة "خبر" - المستخدَمة في الصحافة - محل كلمة "دراسة"، المستخدمة في المجال الأكاديمي، وذلك دليل على تحول المعلومات العلمية، لتأخذ شكل الصحافة الشعبية.

وسط هذا الاضطراب الشديد، ترغب دور النشر في جمع رسوم المؤلفين، ورسوم تراخيص المواقع، عن طريق نشر الأوراق البحثية الجذابة. وبالمثل، يحرص مؤلفو البحوث على نشر أكبر عدد ممكن من الأبحاث في دوريات مرموقة؛ للحصول على المزيد من المنح، وبالتالي المزيد من الوظائف والترقيات، وزيادات في المرتب. ويخلق ذلك تضاربًا فادحًا في المصالح. فقد أصبح لدينا نوع من النشر، يقوم على ما يشبه المنشطات؛ فالفوز أهمّ مِن أن تكون على حق. وعندما يصبح العلم تجارة، لا يهم وقتئذ إنْ كان المنتَج ذا جودة عالية، أم لا، بل الأهم حجم مبيعاته.

تتطلب إعادة ضبط مسار المجال العلمي إجراءات عسيرة ومتعددة. ويجب أن يفهم السياسيون أن توفير فرص العمل ليس هو – ولا ينبغي أن يكون - الهدف الأول لمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية، ولا لأيّ وكالة أخرى تقوم بتمويل العلوم. وينبغي توزيع التمويل على أساس الجدارة فقط، وليس لأي اعتبارات ومصالح جغرافية سياسية. وينبغي على المؤسسات أن تعيد ترتيب نسق تفكيرها، وفق مهامها الأكاديمية الأصلية، وأن تقلل المناصب القائمة على الإسهامات والمِنَح. كما ينبغي أن تقلل دور النشر من اهتماماتها بنشر الأبحاث الجذابة، وأن تهتم أكثر بنشر أبحاث علمية قوية. وينبغي على العلماء الأفراد التركيز على التميز، والدقة، بدلًا من تكديس المزيد من الأبحاث، والحصول على المزيد من المنح فحسب.

إن استعادة المجال الأكاديمي وقطاع النشر إلى سابق عهدهما سيوفر لشركات الأدوية وغيرها ليس فقط نتائج مجانية منشورة، بل أيضًا - وهذا هو الأهم - نتائج موثوقة. فالعِلْم ليس مشروعًا تجاريًّا، لكنه سيفيد قطاع التجارة والأعمال بأفضل شكل، من خلال التركيز على الجودة. ■

ميشيل باجانو يشغل منصب رئيس قسم الكيمياء الحيوية وعلم العقاقير الجزيئي في كلية الطب بجامعة نيويورك، وباحث في معهد هاورد هيوز الطبي.
البريد الإلكتروني: michele.pagano@nyumc.org

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث

الاستفادة من التنوع البيولوجي في أفريقيا


COURTESY OF THE PRESIDENT'S OFFICE, REPUBLIC OF MAURITIUS

النباتات غير المستغلَّة تفتح آفاقًا طبية واقتصادية واعدة تفوق الوصف؛ تحث **أمينة غريب فقيم** على السعي لاغتنامها.

ما هو القاسم المشترك بين كل من جزيئات الأرتيميسينين، والجنكولايد، والكينين، والرزربين، والسكوبولامين، والباكليتاكسل؟ القاسم المشترك بينها هو أنها استُخلِصَت كلها من نباتات، وحُوِّلت إلى أدوية مفيدة تعالج أمراضًا معينة، مثل الملاريا، والغثيان، والسرطان، وضغط الدم المرتفع. ولم يأتِ أيٌّ من هذه النباتات من أفريقيا.

تَعتمِد نسبة 60% تقريبًا من الأدوية المتاحة تجاريًّا على جزيئات مستخلصة من مصادر طبيعية. ومع هذا فإن 83 دواء فقط من حوالي 1,100 دواء من الأدوية الأكثر مبيعًا من هذا النوع تأتي من أفريقيا. يأتي ذلك في الوقت الذي تمتلك فيه المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في أفريقيا ما يصل إلى 45 ألف نوع من النباتات التي قد تفيد الصناعة.

مع توفر بنية تحتية ملائمة؛ فنية وقانونية وتنظيمية، يمكن تحويل هذا الكنز الدفين إلى ثروة هائلة. ومن وجهة نظري الشخصية، أرى أن هذا الأمر يمكن أن يخلق فرص عمل للشباب الأفريقي. بدأتُ في إرساء أسس إتمام هذه المهمة، وما زلتُ مستمرة في ذلك؛ بصفتي أكاديمية، من خلال توثيق استخدامات النباتات الطبية، وبصفتي أيضًا ريادية، ولأني أصبحت مؤخرًا رئيسة جمهورية موريشيوس. يبلغ عدد سكان دولتي الجُزُرية 1.3 مليون نسمة، وهي تقع في المحيط الهندي على بعد 1,100 كيلومتر تقريبًا شرق مدغشقر. انتخبني البرلمان في عام 2015، وأُوليت مسؤولية حماية الحقوق الأساسية لمواطني موريشيوس، ومساعدة مؤسساتنا. وأؤمن بأن المدخل الرئيس لإنجاز المهمتين هو التنوع البيولوجي الفريد الذي نتمتع به.

كرَّست الصين والهند جهودهما لاستغلال المعرفة المتوفرة حول الموارد النباتية التقليدية القديمة. تمتلك الهند وزارة مختصة قائمة بذاتها تمامًا منذ عام 2014، لتطوير الممارسة - البالغ عمرها ثلاثة آلاف عام - للطب الهندي التقليدي (الأيروفيدي) وغيره من الأنظمة الطبية التي مارسها السكان الأصليون. وفي ثمانينات القرن العشرين، عملت الإدارة المعنية بالطب التقليدي في الصين مع "منظمة الصحة العالمية" على توثيق الأنواع شائعة الاستخدام في المجال الطبي، باللغة الإنجليزية.

لم يبذل سوى عدد قليل جدًّا من الدول الأفريقية جهودًا مماثلة. وبدأت نباتات تتعرض للانقراض بمعدلات سريعة؛ بسبب التغير المناخي، وفَقْد النبات لبيئته الطبيعية، والتطوير العمراني، وغير ذلك من الضغوط. يبلغ معدل الانقراض في القارة حوالي ضِعْف متوسط المعدلات العالمية. تُعرَف موريشيوس والجُزُر المجاورة لها بكونها مناطق غنية بالتنوع البيولوجي، رغم تعرُّض حوالي 100 نوع من النباتات للانقراض منذ قدوم الناس إليها في القرن السابع عشر، وبقاء 2% فقط من غاباتها الأصلية.

وإضافة إلى ذلك، عادة ما تُنقل المعلومات التقليدية القديمة عن استخدامات النباتات شفهيًّا، بدلًا من تدوينها رسميًّا، كما أن الوصفات يُنظر إليها على أنها صنعة، وتُوضع ضمن إطار الأسرار العائلية، ولذا ففي الأغلب لا يتم الإفصاح عنها، أو مشاركتها مع الغير. وكما يقول المثل الأفريقي، فإن وفاة شخص عجوز، تعادل خسارة حَرْق مكتبة بأكملها. لقد ظللنا لوقت طويل نبخس قدْر الآراء الواردة في هذا التراث العلمي حول النباتات والحيوانات، ونستخف بها.

يُعَدّ التوثيق أمرًا بالغ الأهمية. وبوصفي أستاذة في الكيمياء العضوية في جامعة موريشيوس، بدأتُ حياتي المهنية بجمع المعرفة التقليدية القديمة للنباتات الطبية والعطرية المستخدَمة محليًّا، وأدركتُ إمكانياتها الاقتصادية الهائلة. أسهمتُ في تأسيس "الجمعية الأفريقية لمعايير النباتات الطبية" AAMPS؛ وهي شبكة تضم عشرات الباحثين الذين اجتمعوا لوضع الدستور الأول للأدوية العشبية الأفريقية *African Herbal Pharmacopia*، الذي يُعَدّ قاعدة بيانات علمية للنباتات الطبية، وللاختبارات التي تحلل عناصرها الكيميائية، ودرجة نقائها. وسوف يُنشر العدد الثاني منه في عام 2018.

وللتسويق لهذه المعرفة، بحيث تعبر "عنق الزجاجة" من المختبر إلى السوق، أسستُ مشروع "مركز أبحاث العلاج بالنباتات" CEPHYR في عام 2009. وفي عام 2015، أعيدت تسميته باسم "المركز الدولي للتطوير الدوائي" CIDP؛ وهو يختص باكتشاف المكونات المبتكرة في النباتات المحلية، وتطويرها لترقى إلى المعايير العالمية المعترف بها.

> يجب إعادة النظر في **تنمية** أفريقيا خارج نطاق **الصناعات الاستخراجية**

تُظْهِر منتجات نباتية أفريقية كثيرة آفاقا مبشِّرة، إذ خضعت المستخلصات المعيارية من النبات *Sceletium tortuosom* لاختبارات لخصائصها المهدئة. أُخِذت الوصفة عن شعب السان، الذي يسكن جنوب أفريقيا. واكتشفت شركتا "فايزر"، و"يونيليفر" التأثير المثبط للشهية لمستخلص صبار الهوديا، الذي ظل يستخدمه شعب السان أيضًا لفترة طويلة؛ للسيطرة على الجوع. تُستخدم مستخلصات أخرى من نباتات أفريقية تجاريًّا في منتجات العناية بالبشرة والجمال، ومنها: بذور ثمار شجرة الشيا (*Vitellaria paradoxa*)، وزيت بذر الباوباب (*Adansonia*).

تدل هذه النجاحات على وجود فرصة سانحة لإعادة النظر في تنمية أفريقيا خارج نطاق الصناعات الاستخراجية. وسوف يُحْدِث التعليم الجامعي والبحث العلمي عاليا الجودة نقلة في قدرتنا على الاعتماد على هذه الكنوز المبشرة بالخير، تمامًا مثلما فعلت البرازيل. وإضافة إلى ذلك، لا بد من إقامة مشارَكات أقوى مع قطاع الأعمال الخيرية، والقطاع الخاص. وعليه، أُنشِئ المركز الدولي للتطوير الدوائي؛ الذي يوظف 200 شخص، رغم كونه مشروعًا واحدًا فقط. وهناك إمكانية لتكرار هذا النموذج مرات أخرى كثيرة.

ومما لا شك فيه أنه يجب إدارة شركات كتلك بحرص، وهو ما عرفْتُه بعد المرور بتجربة صعبة. فقد أُثير حولي جدل خلال هذا العام، بعد أن حاولتُ إقامة روابط لبناء قدرات علمية مع مؤسسة خيرية في لندن، تُدعى "بلانيت إيرث إنستيتيوت"، أسسها رجل الأعمال الأفريقي ألفارو سوبرينهو. وكان من بين القائمين على الشركة شخصيات تتمتع بقبول عالمي. وبعد أن مُنحت منح دراسية للشباب الموريشيوسي، انسحبت من هذه المبادرة، عقب ما أثير من مخاوف بشأن العمليات التجارية، بيد أن العقبات يجب ألا تثني الدول الأفريقية - بما فيها دولتي - عن أن تصبح منتِجة للمعرفة. ويتعين على الأكاديميين الأفريقيين، والممولين، وصناع السياسات أن يشرعوا في العثور على سبل جديدة؛ لرعاية مواهب شبابنا، وتوظيف طاقاته. آمل في أن ينمي المبتكرون والرياديون ثقافة الجدارة، مستعينين بأحدث وسائل التكنولوجيا. وأحلم بأن تجلب الإدارة الواعية للتنوع البيولوجي هذا النوع من العطايا إلى القارة الأفريقية. ■

أمينة غريب فقيم رئيسة جمهورية موريشيوس.
البريد الإلكتروني: president@govmu.org

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أضـواء على الأبحـاث مقتطفات من الأدبيات العلميـة

علم الأعصاب

العصبونات المحرومة من النوم تضطرب

أرجع العلماء بعض الآثار الإدراكية المترتبة على الحرمان من النوم، إلى نشاط غير طبيعي لخلايا محدَّدة في المخ.

قام يوفال نير - من "جامعة تل أبيب" في إسرائيل - وزملاؤه بدراسة 12 شخصًا، زُرعت أقطاب كهربائية في أدمغتهم. راقب الباحثون نشاط الخلايا العصبية الفردية، بينما تم اختبار قدرة المشاركين - الذين تَعَرَّض بعضهم للحرمان من النوم - على تصنيف الصور.

كان أداء المشاركين المحرومين من النوم الاختبار أكثر بطءً، بسبب هفوات لحظية في الانتباه، والقدرة على تصنيف ما رأوه. وقبل كل هفوة مباشرة، لاحظ الباحثون نشاطًا شاذًّا في بعض الخلايا العصبية في منطقة بالدماغ تُسمى "الفص الصدغي الوسطي"، الذي يضطلع بدور في الإدراك الواعي، وفي الذاكرة.

وتشير النتائج إلى أن الحرمان من النوم يضعف الإدراك، عن طريق إبطاء خلايا المخ، كما يقول الباحثون.

***Nature* Med. http://doi.org/cf4r (2017)**



RICK STUART-SMITH/REEF LIFE SURVEY

علم البيئة

أنماط التنوع الحيوي

إن تنوع الحياة في المناطق الاستوائية واضح تمام الوضوح، ولكن السبب في أن أنواعًا تعيش هناك أكثر من تلك التي تعيش في المناخات الأبرد ما زال محل جدل.

أجرى جراهام إدجار، من جامعة تسمانيا في أستراليا، وزملاؤه مسوحًا موحدة للحيوانات الموجودة في 2,406 مواقع للشعاب المرجانية في أنحاء العالم؛ ووجدوا أن ثراء الأنواع في المجمل يبلغ أعلى مستوياته في "مثلث المرجان" بين أستراليا وجنوب شرق آسيا، ويقل كلما اتجهنا إلى الخارج، بدءًا من هناك. وبالنظر إلى خط العرض فقط، يبلغ الثراء ذروته عند 15 درجة شمال خط الاستواء، و15 درجة جنوبه، لكنْ على مستوى الموقع، لُوحظ عدد أكبر بكثير من أنواع اللافقاريات الكبيرة والمتنقلة عند خطوط العرض العالية من تلك التي تظهر بالقرب من خط الاستواء. إنّ ثراء الأنواع يرتبط بشكل كبير بكمية الشعاب المرجانية في منطقة بعينها.

***Sci. Adv.* 3, e1700419 (2017)**

خلايا جذعية

الخلايا الجذعية تنتج دمًا جديدًا

هناك نوع فعّال من الخلايا الجذعية، يمكنه إنتاج جهاز مناعي كامل؛ وإنتاج جميع أنواع خلايا الدم.

أشارت دراسات سابقة إلى أن أنواعًا عديدة من الخلايا، التي تعمل بنمط موجي، تجدِّد الدم والخلايا المناعية التي يدمرها العلاج الكيميائي، أو أمور أخرى. وفي دراسة أُجريت على قردة المكاك، التي لها ذيل يشبه ذيل الخنزير (*Macaca nemestrina*)، قام هانز بيتر كيم، من "مركز فِرِيد هتشينسون لبحوث السرطان" في سياتل بولاية واشنطن، وزملاؤه بدمج علامات جينية في آلاف الأنواع من الخلايا الجذعية، وتَعَقُّبها مع مرور الوقت.

وجد الباحثون أن نسب منخفضة من نوع واحد من الخلايا الجذعية كانت قادرة على توليد جميع خلايا الدم، والجهاز المناعي بأكمله، والحفاظ عليها لمدة تصل إلى 7 أعوام ونصف العام.

واكتشف العلماء أن البشر لديهم نوع مماثل من الخلايا الجذعية التي تعبر عن العديد من الجينات الرئيسة نفسها.

يقول الباحثون إن الاكتشاف يمكن أن يساعد على تحسين علاجات الخلايا الجذعية، ما قد يؤدي إلى العلاج باستخدام خلايا أقل، وأنواع أقل، وربما تَنْجُم عنه آثار جانبية أقل.

***Sci. Transl. Med.* 9, eaan1145 (2017)**

تطور

مفاجأة في أدمغة القشريات

يمتلك جمبري مانتيس بنية دماغ من النوع الذي يرتبط بالذاكرة وبالتعلم، تم تحديدها من قَبْل في الحشرات فقط.

وعلى الرغم من أن الحشرات تطورت من القشريات، كان يُعتقد أن القشريات تفتقر إلى مراكز الدماغ المعروفة باسم أجسام الفطر الشائعة (mushroom bodies) في الحشرات. وقد قام نيكولاس ستروسفيلد - من جامعة أريزونا في توسان - وزملاؤه بتحليل أدمغة مجموعة من القشريات، وحددوا بعض أجسام الفطر تلك - الشبيهة بنظيرتها في الحشرات - في أنواع من جمبري مانتيس، مثل *Gonodactylus smithii* (**في الصورة**). تُظْهِر هذه الحيوانات عادة سلوكًا أكثر تعقيدًا مما تقوم به القشريات الأخرى في أنشطة معينة، مثل الصيد، والتعرف على الأشياء بالنظر.

ويقول الباحثون إن أجسام الفطر تلك ربما تطورت في سلف القشريات والحشرات، ثم فُقدت في حيوانات محددة، مثل السلطعون، والكركند، لكنْ من الممكن أيضًا أنْ تكون هياكل مماثلة قد تطورت بشكل منفصل في كل من الحشرات، وجمبري مانتيس.

***eLife* 6, e29889 (2017)**

ROY L. CALDWELL/UNIV. CALIFORNIA BERKELEY

الكيمياء الضوئية

فوتون واحد يثير تفاعلات عديدة

F. PREUSKER ET AL./ASTRON. ASTROPHYS.

يمكن لفوتون واحد أن يحفز تفاعلًا كيميائيًّا يضم عدة جزيئات، خارقًا القانون الثاني للكيمياء الضوئية.

فعندما يحفز الضوء تفاعلات كيميائية، كما هو الحال في عملية التمثيل الضوئي، أو الإبصار، ينص القانون الثاني على أن كل فوتون يتفاعل مع جزيء واحد فقط، رغم وجود استثناءات.

أعلن خافيير جاليجو، وفرانسيسكو جارسيا-فيدال، وجوهانس فيست، من جامعة مدريد المستقلة، عن خرق جديد للقاعدة، عندما يظهر الضوء في صورة موجة ثابتة تحتويها المرايا. يشير الباحثون إلى أنه بينما تتردد موجات الضوء في هذا التجويف البصري، يمكنها أن تحفز تفاعلات مع جميع الجزيئات هناك. ومن شأن ذلك أن يسمح لفوتون واحد بالتفاعل مع العديد من الجزيئات في الوقت نفسه، محفزًا إياها على تحرير الطاقة المخزنة بها. ويقول الباحثون إنه إذا تم إثبات المبدأ بالتجربة، يمكن حينئذ استخدامه لتطوير سبل لتخزين الطاقة الشمسية، وإطلاقها.

***Phys. Rev. Lett.* 119, 136001 (2017)**

الكيمياء

جزيء بحري أصبح سهل المنال

تم في المختبَر تصنيع منتج طبيعي نادر، ولكنه فعال، ويبشر بنتائج واعدة، إذا استُخدم كدواء.

يُعَدّ البريوستاتين1- دواءً مرشحًا لعلاج فيروس نقص المناعة البشرية (الإيدز)، ومرض ألزهايمر، والسرطان، لكن من المعروف أن حصاده من البيئة الطبيعية أمر صعب. وكان لدى "المعهد الوطني الأمريكي للسرطان" مخزون أوَّلي من 18 جرامًا فقط، تم استخراجها من 13 طنًّا متريًّا من كائن بحري، يُدعى *Bugula neritina*.

ومؤخرًا، قام بول ويندر - من جامعة ستانفورد في كاليفورنيا - وزملاؤه باستخدام التوليف التقاربي؛ لإنتاج أجزاء مختلفة من البنية المعقدة متعددة الحلقات بشكل منفصل، ثم قاموا بتجميعها؛ لإنتاج ما يزيد على جرامين من الجزيء المطلوب.

يتكون أطول تسلسل إنتاج لأحد الأجزاء من 19 تفاعلًا منفصلًا، ما يشكل جزءًا من الوصفة الكلية المكونة من 29 خطوة. كان متوسط الإنتاج أكثر من 80% لكل خطوة، لتصبح الإنتاجية الكلية 4.8%. ويشير الباحثون إلى أن عملية التوليف الوحيدة التي تم الإعلان عنها سابقًا للبريوستاتين1- شملت 57 خطوة.

***Science* 358, 218–223 (2017)**

علم الكواكب

كشف بنية غلاف القمر

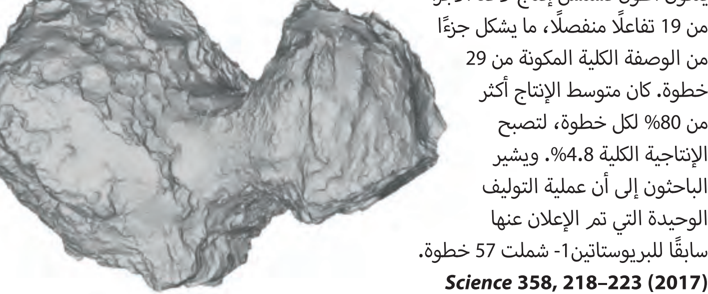
تم الكشف عن التركيب المفاجئ للغلاف العلوي للقمر، وهي الطبقة الموجودة أسفل القشرة، من خلال الحطام القديم الناجم عن تصادم الكويكبات.

يبحث علماء الكواكب منذ فترة طويلة عن الأولفين على سطح القمر، إذ إن هذا المعدن وجوده شائع في الغلاف العلوي للأرض. وكانوا يعتقدون أن تصادمات الكويكبات الضخمة قد اخترقت الغلاف القمري، ما يترك الأولفين متناثرًا على السطح.

قام جاي ميلوش - من جامعة بوردو في غرب لافاييت بولاية إنديانا - وزملاؤه باستخدام عمليات المحاكاة الحاسوبية؛ لإظهار أن تصادمًا كهذا - الذي أنشأ حوض القطب الجنوبي أيتكين، الذي يبلغ عرضه 2,500 كيلومتر (**في الصورة**) – قد اخترق القمر بعمق 100 كيلومتر على الأقل. وأظهرت عملية المحاكاة أن الحطام الناجم عن هذا التصادم بوجه القمر البعيد ربما يكون قد تناثر على المرتفعات الأرضية المحيطة، إلا أن هذه المنطقة مغطاة بمعدن مختلف، هو "البيروكسين" منخفض الكالسيوم. لذلك.. يجادل الفريق بأن غلاف القمر لا بد أنه يتكون - في الغالب - من البيروكسين منخفض الكالسيوم، وليس الأولفين، كما كان يُعتقد لفترة طويلة.

***Geology* http://doi.org/cd8c (2017)**

NASA/GSFC/DLR/ARIZONA STATE UNIV./LUNAR RECONNAISSANCE ORBITER



علم الفلك

مذنب روزيتا يظهر بشكل ثلاثي الأبعاد

أنتج علماء الكواكب أفضل صورة حتى الآن لشكل المُذَنَّب "67P/تشوريوموف-جيراسيمنكو"، الذي دارت حوله المَركبة الفضائية "روزيتا"، التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية بين عامي 2014، و2016.

قام فريق بقيادة فرانك بروسكر، من "مركز الفضاء الألماني" في برلين، بتحليل الصور التي التقطتها المركبة "روزيتا"؛ لإنتاج صورة عالية الدقة ثلاثية الأبعاد للشكل الشهير للمُذَنَّب، المشابه لـ"بطة مطاطية" (**في الصورة**). استخدم الفريق أكثر من 1,500 صورة التقطتها "روزيتا"؛ من أجل توسيع نطاق الدراسات السابقة للمُذَنَّب، لتشمل نصفه الجنوبي بالكامل.

تُظْهِر الخريطة الناتجة - التي يقع مستوى الدقة بها في نطاق عشرات السنتيمترات - سطحًا وعرًا، وغير منتظم. ساعد هذا العملُ العلماءَ على تحديد حجم المُذَنَّب بدقة (18.56 كيلومتر مكعب)، وكثافته (537.8 كيلوجرام لكل متر مكعب)؛ ما يتيح لهم تكوين صورة كاملة عن شكل المُذَنَّب قبل أن يحلِّق مارًّا بالشمس.

***Astron. Astrophys.* 607, L1 (2017)**

تطور

عندما بَدَّلَت الخيول شعرها

يُظْهِر الحمض النووي القديم أن الخيول البرية صارت داكنة اللون بشكل متزايد قبل انقراضها. وما حدث هذا يُعتبر علامة على أنها ربما انتقلت من السهول إلى الغابات.

كانت الخيول (*Equus ferus*) التي هيمنت على سهول أمريكا الشمالية وأجزاء من أوراسيا من بين العديد من الأنواع الكبيرة التي سقطت ضحية لحادث انقراض جماعي، منذ حوالي 11,700 سنة، لكنها ظلت في أوروبا وآسيا حتى أوائل القرن العشرين.

قام أرني لودفيج - من معهد "ليبنز لبحوث الحيوانات والحياة البرية" في برلين - وزملاؤه بتحليل جينات من 27 حصانًا أوروبيًّا عاشوا بين 17000، و5,200 سنة مضت. ووجد الباحثون أن التباينات الوراثية المرتبطة بلون الشعر "الكستنائي" الفاتح هيمنت في بدايات هذه الفترة، لكن مع مرور الوقت حلَّت محلها - بشكل متزايد - تباينات مرتبطة بالشعر الأسود. وتتفق هذه النتائج مع نماذج الموائل القديمة، التي شيدها الفريق نفسه. وتشير هذه النماذج إلى أن الخيول الأوروبية ظلت على قيد الحياة بعد تَرْكها السهول، والتكيف مع العيش في الغابات، حيث كان الشعر الأسود يساعدها على الاختباء.

***Nature Ecol. Evol.* http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0358-5 (2017)**

علم الأحياء الدقيقة

نوعان من البكتيريا ينتجان مضادًّا حيويًّا

أسفرت زراعة ميكروبين معًا عن إنتاج مضاد حيوي ذي طريقة جديدة محتمَلة لقتل البكتيريا.

دفعت زيادة مقاوَمة المضادات الحيوية الباحثين لتجربة استراتيجيات جديدة لإطلاق مركّبات مفيدة مخفية في جينات الميكروبات، وهي مَصدر معظم المضادات الحيوية المستخدَمة اليوم. قام تيم بوجني - من جامعة ويسكونسن ماديسون - وزملاؤه بإنماء بكتيريا *Rhodococcus* و *Micromonospora* المعزولة من اللافقاريات البحرية في مزرعة واحدة؛ على أمل تحفيز التعبير عن جينات المضادات الحيوية، التي تكون خامدة عند زرع كل ميكروب على حدة.

أنتج ذلك النهج مضادًّا حيويًّا، يُسمَّى "كيسين"، ينتجه نوع من بكتيريا *Micromonospora*، لكنْ فقط في وجود البكتيريا *Rhodococcus*. يمكن لهذا المضاد الحيوي تثبيط نمو البكتيريا موجبة الجرام، بما في ذلك سلالة مقاومة للمضادات الحيوية من المُمْرِض *Staphylococcus aureus*. ولا يبدو أن المضاد الحيوي "كيسين" يتلِف الحمض النووي، على عكس المضادات الحيوية الأخرى ذات البِنْية المماثلة.

ACS Chem. Biol. http://doi.org/cgb6 (2017)

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بحوث الدماغ

إعادة النظر في الذاكرة والتعلم

لطالما اعتَبرت مبادئ علم الأعصاب أن الذكريات تتشكل عندما تنشط شبكات الخلايا العصبية في الدماغ فجأة في آن واحد، ما يعزز الروابط فيما بينها، بيد أن ذلك قد لا يكون هو الحال دائمًا.

قام جيفري ماجي - من معهد هوارد هيوز الطبي في أشبورن بفيرجينيا - وزملاؤه بتسجيل النشاط العصبي في الحصين (منطقة الدماغ التي تتحكم في الذاكرة) في فئران تجري على جهاز المشي. وجد الفريق أن أنماط نشاط الدماغ المرتبطة بتشكيل ذكريات عن مكان ما تحدث على مدى عدة ثوان، بدلًا من بضعة مِلّي ثانية، كما كان يُعتقد سابقًا.

تشير النتائج إلى أن الدماغ يستخدم آلية مختلفة غير معروفة حتى الآن، لتخزين ذكريات فترات كبيرة من الزمن، وهو في الواقع نوع جديد من التعلم. يقول العلماء إن هذا قد يتيح للحيوانات تخزين تسلسل كامل من الأحداث، أو تعلُّم معلومات مهمة بشكل أفضل، مثل موقع مكافأة ما.

***Science* 357, 1033–1036 (2017)**



DESIGN PICS INC./NGC

علم البيئة

المحيطات تتسع لتربية الأحياء المائية

ربما يضاهي استزراع السمك في مساحة أقل من 0.015% من محيطات الأرض - وهي مساحة أصغر من بحيرة ميشيجان في الولايات المتحدة - إجمالي الأغذية البحرية التي يصطادها الصيادون.

تزداد أهمية تربية الأحياء المائية؛ لتوفير الغذاء في جميع أنحاء العالم، ويأمل الكثيرون في توسيع نطاقها؛ لتلبية احتياجات سكان العالم، الآخِذين في الازدياد.

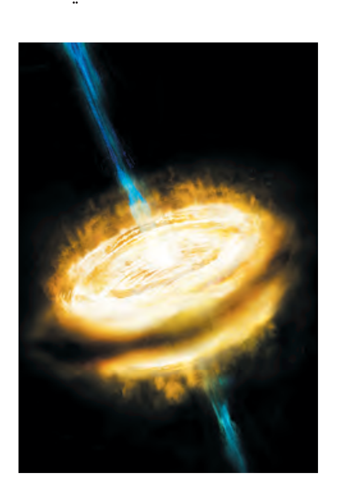
قامت ريبيكا جينتري - من جامعة كاليفورنيا، في سانتا باربرا - وزملاؤها بنمذجة قدرة بِحار العالم على دعم زراعة السمك والمحاريات ذات الصدفتين، مثل المحار، وبلح البحر. ووجد الباحثون أنه يمكن زيادة نوعي الزراعة هذين حول العالم، في كل من البلدان الإستوائية ومعتدلة المناخ. وإجمالًا، قد تكون مساحة 11.4 مليون كيلومتر مربع تقريبًا من المحيطات مناسبة لاستزراع السمك، وأكثر من 1.5 مليون كيلومتر مربع للمحاريات ذات الصدفتين. وفي حالة استخدام جميع المناطق المناسبة لزراعة السمك الزعنفي، يمكن إنماء حوالي 15 مليار طن من السمك سنويًّا، أي أكثر من الاستهلاك العالمي الحالي للأغذية البحرية بـ100 مرة.

***Nature Ecol. Evol.* http://doi.org/cbsm (2017)**

علم الفلك

غبار النجوم يصبح عضويًا

اكتشف علماء الفلك جزيئات عضوية مركّبة في سحابة من الغاز والغبار، كانت في طريقها لأنْ تصبح نجمًا ناشئًا (في الصورة تصوير انطباعي). ويُعَدّ هذا هو أصغر نجم أوّليّ يُكتشف حتى الآن، ويتضمن مثل هذه المركّبات.



ASIAA/JUNG-SHAN CHANG

استهدف فريق بقيادة شين فاي لي - من معهد سينيكا الأكاديمي لعلم الفلك والفيزياء الفلكية في تايبيه - جرمًا يُدعى "هيربيج هارو 212"، يقع على بعد 400 فرسخ فلكي (1,300 سنة ضوئية) في كوكبة أوريون. يبلغ عمر النجم الجنيني الموجود في مركزه حوالي 40 ألف سنة فقط. وباستخدام تليسكوب "ألما" في تشيلي، اكتشف العلماء جزيئات عضوية مركّبة - من بينها الميثانول - فوق القرص النجمي الأوّلي، وتحته.

ويشير الاكتشاف إلى أن هذه المواد - التي تُعَدّ لبنات بناء الحياة - كانت متاحة في وقت مبكر جدًّا من تطوُّر النظم الشمسية.

***Astrophys. J.* 843, 27 (2017)**

فيزياء الجسيمات

طريقة ذكية للتلصُّص على النيوترينوات

تَمَكَّن فيزيائيون من رصد جسيمات بعيدة المنال وعديمة الكتلة تقريبًا، تُدعى النيوترينوات، عند اصطدامها مع النوى الذرية، وهي المرة الأولى التي ترصد فيها الجسيمات بهذه الطريقة.

لا تتفاعل النيوترينوات مع الجسيمات الفردية إلا نادرًا، مما يجعل الكشف عن عدد كبير من الأحداث أمرًا يتطلب عادةً مراقبة عدة أطنان من المادة بإمعان لعدة أشهر. وقد توقَّع المنظّرون منذ 43 عامًا أن النيوترينوات ينبغي أن تتفاعل أكثر مع النوى الذرية عن الجسيمات الأخرى، بيد أن الارتداد الصغير للنواة في هذه العملية - المعروف باسم التشتت المتناسق المرن للنيوترينو عن النواة – سيكون من الصعب تمييزه وسط ضوضاء الخلفية.

ومؤخرًا، تَمَكّن خوان كولار - من "جامعة شيكاغو" في إلينوي - وزملاؤه من رصد هذا التشتت في منشأة مصدر التشظي النيوتروني في "مختبر أوك ريدج الوطني" في ولاية تينيسي، باستخدام كاشف للنيوترينو معزول بحوالي 20 مترًا من الفولاذ، والخرسانة، والحصى. وقد أتاح ذلك للباحثين رصْد وَمْضَات صغيرة من الضوء الذي ينبعث عندما تشتّت النيوترينوات من النوى الذرية في بلورة تزن 14.6 كيلوجرام من يوديد السيزيوم المشوب بالصوديوم.

***Science* http://doi.org/cbjg (2017)**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فيزياء كمية

تصغير ذاكرة كمية

قام الفيزيائيون بإنتاج جهاز صغير بما يكفي لتخزين المعلومات الكَمِّية في أشعة ضوء على شريحة. يمكن استخدام فوتونات الضوء لتشفير "بتات" كمية من المعلومات، وهي مفيدة بشكل خاص للتواصل الآمِن بين أجهزة الحاسوب الكمية، بيد أن الأجهزة الفعالة التي تستخدم الضوء لتخزين البتات الكمية تكون كبيرة جدًّا في العموم، بحيث لا يمكن وضعها على شرائح أجهزة الحاسوب.

قام أندري فاراون، من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في باسادينا، وزملاؤه باستخدام بلورة إتريوم أورثوفناديت مقيدة بذرات من الفلز الأرضي النادر النيوديميوم كتجويف فوتوني يمكنه احتجاز جزيئات الضوء. قام الباحثون بترميز بعض المعلومات الكمية في فوتون، وأطلقوه في البلورة؛ فامتصت ذرات النيوديميوم الضوء، وبعد مرور الوقت الذي تمليه بنية البلورة، أصدرت فوتون بالحالة الكمية نفسها الخاصة بالفوتون الأصلي.

وتضاهي الذاكرة الكمية الخاصة بالفريق كفاءة الأجهزة الكبيرة، رغم أن عرضها يبلغ 690 نانومترًا، وطولها 15 ميكرومترًا فقط.

Science **http://doi.org/ccn8 (2017)**

علم الوراثة

لعنة الأم تصيب الرجال

استمرت الطفرة التي تورثها الأمهات، وتسبِّب فقدان البصر في الغالب لدى الرجال، في إحدى العائلات لمدة 290 عامًا على الأقل، وهو مثال نادر على ظاهرة تطورية تُعرف باسم "لعنة الأم".

ترث غالبية الحيوانات الميتوكوندريا، وهي مصانع الطاقة في الخلايا، من الأم. ونتيجة لذلك، فإن الطفرات في الحمض النووي للميتوكوندريا التي يحملها الذكور لا تنتقل إلى الجيل التالي. وقد قام فريق بقيادة إيمانويل ميلوت - من جامعة كيبيك في تروا ريفيير في كندا - بتتبع توريث أحد الأمراض المرتبطة بالميتوكوندريا، يُسمى اعتلال "لِيبر" العصبي الوراثي البصري، في 2,038 فردًا من أسرة فرنسية كندية مديدة، بين العقدين 1670، و1960.

تبيِّن سجلات الأنساب أن المرض سُجل للمرة الأولى في العائلة لامرأة كانت قد وصلت إلى كيبيك من فرنسا في العقد الأول من القرن السابع عشر. وفضلًا عن تعرُّضهم لفقدان البصر، كان الأكثر رجحانًا أن يموت الأحفاد الذكور الذين ورثوا طفرتها في مرحلة الرضاعة، عمن لا يحملون الطفرة، وعن الإناث.

يقول الباحثون إن الانتخاب الطبيعي كان سيقهر هذه الطفرة المميتة، لو لم تكن قد انتقلت من جهة الأم.

Nature Ecol. Evol. **http://doi.org/cb3h (2017)**

تطور

بكتريا MRSA ظهرت قبل المثيسيلين

طورت بكتيريا MRSA التي تجتاح العديد من المستشفيات مقاومةً ضد المضاد الحيوي الميثيسيلين حتى قبل اكتشاف الدواء.

قام ماثيو هولدن - من جامعة سانت أندروز بالمملكة المتحدة - وزملاؤه بجمع 209 عينات من بكتيريا *Staphylococcus aureus* المقاوِمة للميثيسيلين (وتسمى اختصارًا MRSA، **في الصورة**)، التي جرى عزلها في المملكة المتحدة والدنمارك بين عامي 1960 و1989. ومن خلال وضع تسلسل جينومات العينات وتحديد معدل تطور السلالات المختلفة، قرر الباحثون أن البكتيريا قد اكتسبت جين مقاومة الميثيسيلين، *mecA*، في منتصف أربعينيات القرن الماضي. ولم يتم استخدام الميثيسيلين إكلينيكيًّا على نطاق واسع في بريطانيا حتى عام 1959، كما لوحظت المقاومة أولَ ما لوحِظت في عام 1960.

ويشير الباحثون إلى أن استخدام الأدوية السابقة مثل البنسلين، التي تُعَد جزءًا من الفئة الواسعة نفسها من المضادات الحيوية بيتا-لاكتام، أدى إلى انتخاب سلالات *S. aureus* التي تحمل جين *mecA* عن غير قصد.

Genome Biol. **http://doi.org/b9vd (2017)**



علم البيئة

آثار الصيد بشباك الجر عند القاع

إن استخدام شبكات الصيد في قاع المحيط قد يجرده من الحياة اللافقارية بنسبة تصل إلى 41%، ويمكن أن يستغرق قاع المحيط أكثر من ست سنوات للتعافي.

وعلى الصعيد العالمي، فإن ما يقرب من ربع المأكولات البحرية التي يجري صيدها يأتي من الصيد بشباك الجر في قاع البحر، ولكن أثر هذا النوع من الصيد لم يكن واضحًا.

عمل جان جيرت هيدينك - من جامعة بانجور في المملكة المتحدة - وزملاؤه على تجميع بيانات من 70 دراسة حول العالم، لنمذجة الأضرار التي لحقت بالنظام البيئي من جَرَّاء الصيد بشباك الجر. كانت "الشباك ذات الألواح" - التي تستخدم ألواحًا ثقيلة في مقدمتها لجرف قاع البحر – هي الأقل ضررًا، إذ تزيل حوالي 6% من اللافقاريات التي تعيش في القاع. وكان أكثرها ضررًا الجرافات المائية التي تستخدم المياه ذات الضغط العالي لإثارة الحيوانات من أجل حصادها، التي أزالت 41% من اللافقاريات. ويستغرق التعافي من فقدان 50% من الكتلة الحيوية في أي منطقة بين 1.9 و6.4 سنوات، وفقًا للنموذج الخاص بالباحثين. وهم يقولون إن الجمع بين النموذج وخرائط تواتر استخدام شباك الجر سوف يسمح بتقييم هذا النوع من الصيد بمستويات غير مسبوقة.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **(2017)**

الكيمياء

تصنيع مضاد حيوي جديد

جرى تحديد مضاد حيوي محتمَل، وتصنيعه من الصفر، باستخدام كواشف بسيطة فقط.

ينتج بعض الميكروبات مركّبات تُسمى "السيستوباكتاميدات" بشكل طبيعي، وقد ثبت فعاليتها في قتل البكتيريا سلبية الجرام. أعلن رولف مولر، من "معهد هلمهولتز للبحوث الصيدلانية" في سارلاند بألمانيا، وزملاؤه عن اكتشاف نوع جديد من مركّبات السيستوباكتاميد. وعلى عكس الأمثلة السابقة، يبدو أن هذا المركّب فعال ضد المُمْرِضات ذات الأهمية الإكلينيكية، مثل بكتريا الزائفة الزنجارية *Pseudomonas aeruginosa* (في الصورة)، وبكتيريا الأمعائيات المقاوِمة للأدوية *Enterobacteriaceae*، بكميات لا تتجاوز الميكروجرام لكل ملِّيلتر.

حَدَّد الباحثون بِنْية المركّب، وصمموا طريقة لبنائه من وحدات بناء كيميائية أساسية، في تفاعُلٍ مكوَّن من 13خطوة.

Angew. Chem. Int. Edn **http://doi.org/ccn3 (2017)**

سلوك الحيوان

الاحترار يستحث الإسراع بوضع البيض

تضع الطيور في كاليفورنيا البيض في بدايات فصل الربيع، استجابة لتغيُّر المناخ.

قد تستجيب الأنواع لتغيُّر المناخ، إما بتبديل نطاقها الجغرافي، أو بتغيير توقيت الأحداث في حياتها. ولتحديد كيفية تفاعل الطيور مع عالَم تزداد درجة حرارته، قام جاكوب سوكولار - من جامعة كونيتيكت في ستورس - وزملاؤه بتحليل بيانات تاريخية حول مشاهَدات الطيور. ووجد الفريق أن طيور كاليفورنيا قامت بتبكير فترة تكاثرها بمعدل أسبوع تقريبًا خلال القرن الماضي. أدَّى تغيير التوقيت إلى خفض متوسط درجة الحرارة في أثناء وضع البيض بحوالي درجة مئوية واحدة، وهو تقريبًا القَدْر نفسه من ارتفاع درجات الحرارة خلال فترة الدراسة.

ومن خلال التكاثر في وقت مبكر، يمكن للطيور أن تستمر في وضع البيض في نطاق درجة الحرارة المثالي، من دون الحاجة إلى الانتقال إلى مكان آخر.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **http://doi.org/cgcd (2017)**

DENNIS KUNKEL MICROSCOPY/SPL

SPL

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


VINCENT J. MUSI/NGC

النمر الثلجي أقل عرضة لخطر الانقراض

لم يعد النمر الثلجي مهدَّدًا بالانقراض رسميًّا، وفقًا للقائمة الحمراء الأخيرة التابعة للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة (IUCN)، إذ يصنفه الآن ضمن قائمة الأنواع الضعيفة، الأقل عرضة لخطر الانقراض، بيد أن الاتحاد يحذر من أن أعداد النمور *Panthera uncia* لا تزال تشهد تراجعًا، وأن خطر الانقراض ما زال شديدًا. تحدِّد القائمة - التي أُجري لها تحديث في الرابع عشر من سبتمبر - مستويات التهديد التي يتعرض لها 87,967 نوعًا. ومن بين التعديلات الأخرى، تصنيف خمسة من بين أبرز ستة أنواع من أشجار الدردار في أمريكا الشمالية ضمن الأنواع المهددة بشدة بالانقراض؛ بسبب خنفساء غازية، كما انقرض رسميًّا الخفاش "بيبيسترل" (*Pipistrellus murrayi*)، المتوطن في جزيرة كريسماس.

المناخ

ظاهرة "لا نينيا" تعود

أعلنت الإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي - في التاسع من نوفمبر الماضي - أن المنطقة الواقعة بين شرقي ومنتصف المحيط الهادئ بالقرب من خط الاستواء شهدت ظهورًا ضعيفًا لنمط الطقس "لا نينيا". يُحتمل أن يستمر النظام الطقسي، الذي يتسم بانخفاض درجات حرارة سطح البحر، طوال موسم الشتاء في نصف الكرة الشمالي. تؤثر ظاهرة "لا نينيا" عادةً على أنماط تساقط الأمطار على مستوى المنطقة الاستوائية بالمحيط الهادئ؛ إذ ربما تزيد كمية الأمطار عن المعدلات الطبيعية في بعض المناطق، مثل شمالي أستراليا، في حين قد تصير مناطق أخرى أكثر جفافًا. ذكرت الإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي أنه يُحتمل بنسبة 50% استمرار هذا النمط الطقسي حتى نهاية شهر إبريل.

أحداث

أطروحة "هوكينج"

أصبحت أطروحة الدكتوراة للعالِم الفيزيائي ستيفن هوكينج متاحة مجانًا لأول مرة على الإنترنت. نشرت جامعة كامبريدج بالمملكة المتحدة - التي حصل منها هوكينج على درجة الدكتوراة في عام 1966 - عمله في الثالث والعشرين من أكتوبر الماضي؛ للاحتفال بأسبوع الوصول المفتوح لعام 2017 (go.nature.com/2yfhbsu). كان العالِم يبلغ 24 عامًا حين كتب رسالة الدكتوراة الخاصة به، وكانت بعنوان "خصائص الأكوان المتمددة" *Properties of expanding universes*. تسببت طلبات الاطلاع على الوثيقة في حدوث عطل مؤقت في مستودع الوصول المفتوح "أبولو" الذي نُشِرَت عليه. قال هوكينج إنه يأمل في أن يكون مصدرًا لإلهام الناس بجَعْل عمله متاحًا.

آمال الطاقة العالية

حَدَّد علماء فيزياء الجسيمات الفلكية في أوروبا أولويّاتهم البحثية خلال العقد القادم في "وثيقة استراتيجية" صدرت في الثالث عشر من نوفمبر الماضي. يضطلع الائتلاف الأوروبي لفيزياء الجسيمات الفلكية بالتنسيق بين جهات تمويلية من 14 دولة أوروبية، لتطوير التجارب الأرضية؛ لمراقبة الكون عن طريق التقاط الجسيمات عالية الطاقة، وتحليلها. ومن بين الأولويات الرئيسة مرصد KM3NeT للنيوترينو عالي الطاقة، الجاري إنشاؤه في المياه قبالة السواحل الإيطالية والفرنسية، ومصفوفة التليسكوب تشيرينكوف، المخطَّط إنشاؤها لرصد أشعة جاما التي تصطدم بالغلاف الجوي فوق تشيلي وجُزُر الكناري بأسبانيا. كما يضغط الائتلاف من أجل إنشاء جيل ثانٍ من مراصد قياس تَداخُل موجات الجاذبية، وزيادة المحاولات الساعية لرصد الجسيمات المحتملة للمادة المظلمة باستخدام غازات نبيلة سائلة.

نشر

خوادم ما قبل النشر

أعلن الاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي في واشنطن - في الواحد والعشرين من سبتمبر الماضي - أن خادم ما قبل النشر، الخاص بعلوم الأرض والكواكب، المسمى "الأرشيف المفتوح لعلم الأرض والفضاء" *Earth and Space Science Open Archive*، سوف يُطلَق في أوائل العام المقبل. يستطيع علماء الأرض أن ينشروا اكتشافاتهم عليه، قبل إخضاعها لمراجعة الأقران. سيواجه الموقع منافسة من خادم آخر قريبًا؛ إذ يخطط الباحثون لإطلاق خادم "إيرث أركايف" *EarthArXiv* على منصة تابعة لمركز العلم المفتوح (COS) في شارلوتسفيل بولاية فيرجينيا. يدعم المركز بالفعل مواقع ما قبل النشر، في مجالات الهندسة، وعلم الاجتماع، وعلم النفس، إلى جانب مجالات أخرى.

شخصيات

اكتشاف "تورنج"

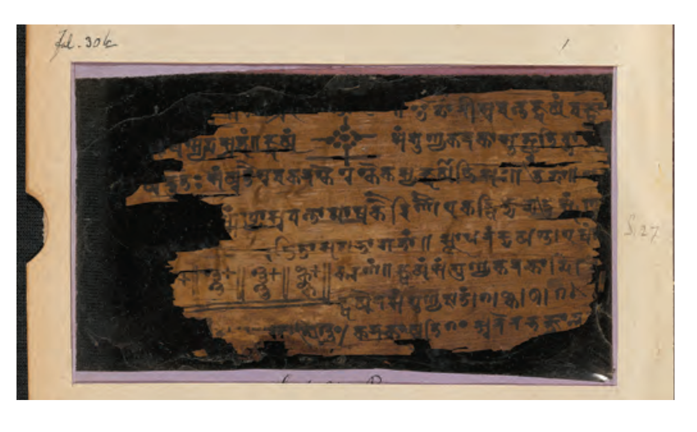
أعلنت جامعة مانشستر في المملكة المتحدة - في الخامس والعشرين من أغسطس الماضي - أنها كشفت النقاب عن وثائق متعلقة بعالِم الرياضيات آلان تورنج، وأنها أصبحت متاحة للباحثين.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

احتوت الوثائق - البالغ عددها 148 وثيقة - على خطاب مرسل من "وكالة الاستخبارات البريطانية" GCHQ إلى تورنج، ومسودة لبرنامج إذاعي لمحطة "بي بي سي" حول الذكاء الاصطناعي. اكتُشفت المجموعة داخل خزانة ملفات في شهر مايو، وهي لا تحتوي على مراسلات شخصية كثيرة، بيد أنها تقدم نبذة عن الحياة العملية لمفكّك الشفرات منذ عام 1949، حتى وفاته في عام 1954، وهي الفترة التي تعاني ندرة في المواد المؤرشَفة، على حد وصف مسؤول الأرشيف بمكتبة الجامعة. كما يعطينا بعض هذه الوثائق فكرة عن آرائه الشخصية الصريحة؛ ففي رده على دعوة موجهة إليه لحضور مؤتمر أمريكي في إبريل من عام 1953، قال ببساطة: "لن تعجبني الرحلة، كما أنني أبغض أمريكا".

استقالة مبعوث علمي

استقال باحث الطاقة في جامعة كاليفورنيا في بيركلي من منصبه كمبعوث علمي بوزارة الخارجية الأمريكية، وذلك في الواحد والعشرين من أغسطس الماضي، في أعقاب ما أسماه "هجوم الرئيس الأمريكي دونالد ترامب على القِيَم الأساسية للولايات المتحدة". ففي خطاب استقالته، الذي وجهه إلى ترامب، انتقد دانيل كامين رد الفعل المبهم للرئيس إزاء المظاهرات العنيفة التي قام بها المنادون بسيادة البيض في الثاني عشر من أغسطس الماضي في مدينة شارلوتسفيل بولاية فيرجينيا. كما أدان كامين سياسات إدارة ترامب في مجالات الطاقة والبيئة، التي وصفها بـ "المدمرة"، وقال إنها أثَّرت على عمله كمبعوث علمي.



BODLEIAN LIBRARIES/UNIV. OXFORD

أبحاث

الصفر القديم

أعلنت مكتبات بودليان في "جامعة أكسفورد" بالمملكة المتحدة - في الرابع عشر من سبتمبر الماضي - أن الرياضيات الهندية كانت تَستخدِم بالفعل رمزًا للصفر في القرن الثالث الميلادي، أي في وقت سابق لما كان يُعتقَد بحوالي 500 عام. جاء هذا الزعم بعد إجراء تأريخ كربوني جديد لأوراق من لحاء شجر القضبان لمخطوطة "باخشالية" في المكتبة (**في الصورة**)، اكتُشفت في عام 1881 في ما يُعرف حاليًّا بباكستان. استخدمت المخطوطة نقطة، ليس باعتبارها رقمًا في حد ذاته، وإنما باعتبارها رمزًا مؤقتًا قابل للاستبدال للدلالة على أرقام مثل 10، و100. استخدم البابليون وشعب المايا رمزًا كهذا من قبل، بيد أن الرمز الباخشالي يُعتبر مقدِّمة للصفر الذي نعرفه اليوم؛ وكان أول من سَجَّل استخدام الصفر باعتباره رقمًا قائمًا بذاته، هو عالِم رياضيات هندي في القرن السابع. سَيُعرَض جزء من المخطوطة "الباخشالية" في معرض خاص بالعلوم والابتكارات الهندية، سيُفتتح في الرابع من أكتوبر المقبل في متحف العلوم في لندن.

سياسة

تقدُّم مكافحة الإيدز

أعلن برنامج الأمم المتحدة المشترك بشأن فيروس نقص المناعة البشرية/الإيدز أن أكثر من نصف المرضى الحاملين لفيروس نقص المناعة البشرية أو المتعايشين مع مرض الإيدز (19.5 ملايين من إجمالي 36.7 ملايين من المرضى) يتلقون - وللمرة الأولى في التاريخ - علاجًا مضادًّا للفيروسات القهقرية. في الفترة بين عامي 2010 و2016، انخفضت نسب الإصابات الجديدة بالفيروس حول العالم بنسبة 16%، وانخفضت الوفيات المرتبطة بالإيدز بنسبة 32%. وقال التحديث - الذي صدر في العشرين من يوليو الماضي- إن الأسباب الرئيسة لهذا التقدم تمثلت في تحسين الوصول إلى العلاج، بما فيه العلاج المبكر للمرضى الحاملين للفيروس، إلى جانب برامج الوقاية. وأشار التقرير إلى أن العالم في سبيله إلى تحقيق هدف الأمم المتحدة بوصول عدد المرضى الذين يتلقون العلاج إلى 30 مليون مريض بحلول عام 2020.

اتفاق أمريكي بريطاني

وقَّعت الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة أول اتفاق شامل بينهما للتعاون العلمي. يُلزِم الاتفاق - الذي أُبرِم في العشرين من سبتمبر الماضي - كلتا الدولتين بتحسين التعاون العلمي، عن طريق تيسير سفر الأشخاص والمعدات بين البلدين، على سبيل المثال. وفي الوقت ذاته، أعلنت المملكة المتحدة عن تمويل من الإنفاق العلمي القائم، لصالح تجربة النيوترينو في أعماق الأرض بمبلغ 65 مليون جنيه إسترليني (ما يعادل 88 مليون دولار أمريكي)، إذ ستنشئ التجربة جهازين لرصد النيوترينوات؛ أحدهما في باتافيا بولاية إلينوي، والآخر في مدينة ليد بولاية داكوتا الجنوبية، لدراسة هذه الجسيمات دون الذَّرِّيّة.

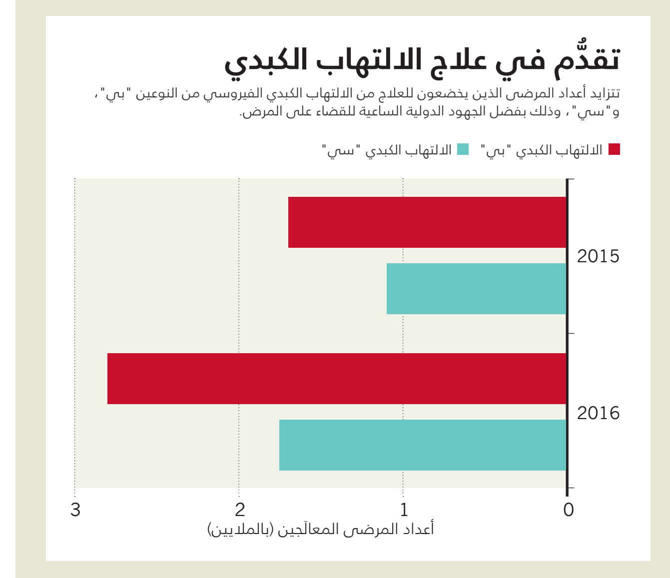
منشآت

مركز الطب التجديدي

كشف مسؤولون وعلماء محليون - في الحادي عشر من نوفمبر الماضي- عن خطط لإنشاء مرفق بحثي ضخم للطب التجديدي في مدينة جوانزو الصينية، وذلك خلال مؤتمر الجمعية الدولية لأبحاث الخلايا الجذعية. وجارٍ حاليًّا العمل على استكمال تفاصيل المقْتَرَح، غير أن العلماء القائمين على المشروع يقولون إن المدينة ستخصص مليارات اليوانات للمركز البحثي، الذي سُمِّيَ مبدئيًّا "مختبر جوانزو للطب التجديدي والصحة". سيُنشأ المرفق في مركز المدينة الحالي للطب الحيوي، وسيضم 300 مجموعة بحثية، وما يتراوح بين 3 آلاف و6 آلاف باحث في مجالات بحثية متنوعة، بدءًا من العلوم الأساسية، وانتهاء بالتسويق التجاري. سيركِّز المرفق في الأساس على العلاجات القائمة على الخلايا والتحرير الجيني، كما سيحتوي على مركز لأبحاث القردة. يأمل باي دوانقينج - المدير العام لمعاهد جوانزاو للطب الحيوي والصحة، والمدير المؤقت للمختبر - أن يكون 15% على الأقل من العلماء من الأجانب.

مراقبة الاتجاهات

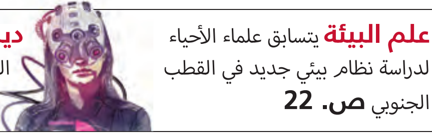
أعلنت "منظمة الصحة العالمية" - في الواحد والثلاثين من أكتوبر - أن أعداد المرضى المصابين بالتهاب الكبد الفيروسي "سي" الذين حصلوا على العلاج ارتفعت خلال عام 2016 بنحو 1.7 مليون مريض، بنسبة زيادة قدرها 60% عن عام 2015. كما حصل 2.8 مليون مريض آخر على علاج مدى الحياة لالتهاب الكبد الفيروسي "بي" خلال عام 2016، بنسبة زيادة كبيرة عن عام 2015، بلغت 65%. وتقدِّر المنظمة أعداد الإصابات الجديدة بفيروسي "بي"، و"سي"، خلال عام 2015، بما يتراوح بين 6 و10 ملايين حالة إصابة جديدة. تهدف المنظمة إلى أن يتمكّن 80% من المرضى الذين تُشَخَّص إصابتهم بالكبد الوبائي من الحصول على العلاج بحلول عام 2030.



SOURCE: WHO

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أخبـــار في دائرة الضـوء







GOODSHOOT

العثور على غرفة لم تكن معروفة من قَبل في أكبر الأهرام بالجيزة في مصر.

فيزياء الجسيمات التجريبية

جسيمات الأشعة الكونية تكشِف عن غرفة سِرِّية في الهرم الأكبر

استخدم الباحثون كواشف الميونات، لاكتشاف فراغ غامض، يبلغ طوله 30 مترًا، ما يمكنه أن يساعد في الكشف عن كيفية بناء هذا المَعْلَم الأثري الضخم، البالغ من العمر 4,500 عام.

جو مارشانت

استخدم الفيزيائيون نواتج ثانوية من الأشعة الكونية، للكشف عن غرفة ضخمة لم تكن معروفة من قَبل داخل الهرم الأكبر بالجيزة في مصر، البالغ من العمر 4,500 عام. يُعَدّ هذا الاكتشاف هو أول اكتشاف جديد لفراغ كبير داخل الهرم منذ القرن التاسع عشر.

سارَع علماء الآثار المصرية برفض أيّ فكرة حول اكتشاف كنز مفقود بالفراغ البالغ ثلاثين مترًا. يقول أيدان دودسون، عالِم الآثار المصرية بجامعة بريستول في المملكة المتحدة، المتخصص في دراسة المقابر المصرية القديمة: "لا يوجد أي احتمال لاكتشاف غُرَف دفن مخفية"، لكن الخبراء يأملون أن يؤدي الاكتشاف الأخير إلى اكتساب رؤى مهمة حول كيفية بناء هذا الهرم المذهل.

شُيِّدَ الهرم الأكبر الفرعون خوفو (المعروف أيضًا باسم شوبوس)، الذي حَكَم في الفترة ما بين عام 2509، وعام 2483 قبل الميلاد. وقد شُيِّد هذا الهرم من الحجر الجيري، وأحجار الجرانيت، ويبلغ ارتفاعه 139 مترًا، ويُعَدّ بذلك أضخم الأهرام المصرية، وواحدًا من أكثر الهياكل المثيرة للإعجاب من العالم القديم، التي تبقى على حالها منذ بنائها حتى الآن.

التصميم الداخلي للغرفة

في حين أن الأهرام الأخرى التي تعود إلى تلك الفترة تعلو غرف الدفن الموجودة تحت الأرض، يحتوي هرم خوفو على عدة غرف ضخمة داخل بِنْيَة الهرم نفسه. وتشمل هذه الغرف غرفة الملك، التي ما زالت تحتوي على تابوت حجري، وغرفة أصغر للملكة، وممر منحدِر، يُعرف بـ«الرواق الكبير».

اكتُشفت تلك الغرف الضخمة في القرن التاسع بعد الميلاد، ثم أعاد علماء الآثار الغربيين استكشافها على نطاق أوسع في القرن التاسع عشر، لكنّ المتحمسين يتساءلون منذ ذلك الحين عما إذا كان من المحتمَل أن يكون هناك مزيد من الغرف المخفية داخل الهرم، أم لا، وكذلك عمّا إذا كانت غرفة دفن الملك الحقيقية قد اكتُشفت، أم لم تُكتشف بعد.

يقول مهدي تايوبي، رئيس معهد الحفاظ على التراث والابتكار بباريس: "هناك نظريات كثيرة، منها المعقول، ومنها السخيف". لذلك، فقد شارك في تأسيس تحالف دولي، يُدعى «سكان بيراميدز» Scan Pyramids، أو «مَسْح الأهرام»؛ لاكتشاف ذلك. كان العمل في هذا المشروع يجري تحت ◄

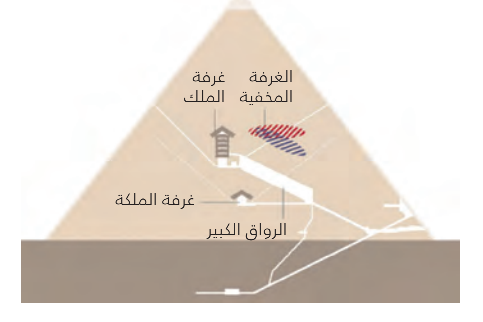
◄ إشراف وزارة الآثار المصرية. ويقول تايوبي إن المجموعة المكوِّنة لهذا التحالف غير متحيزة لنظريات بعينها، لكنها تعتمد على تقنيات غير اجتياحية؛ للبحث عن الغرف المخفية.

ولرؤية ما بداخل الهرم الأكبر، استخدم الباحثون تقنية، تم تطويرها في فيزياء الجسيمات عالية الطاقة، حيث قاموا بتتبع جسيمات تُسمى ميونات، تَنتُج عند اصطدام الأشعة الكونية بالذرات في الجزء العلوي من الغلاف الجوي. يتساقط حوالي 10 آلاف ميون على كل متر مربع من سطح الأرض كل دقيقة. وقد تم تطوير كواشف حساسة للميونات، للاستخدام في مسرعات الجسيمات، وتم استخدامها أيضًا في العقد الماضي، أو نحو ذلك، لتحديد البِنَى الداخلية للبراكين، ولدراسة المفاعل النووي التالف في فوكوشيما باليابان.

السر الكبير للهرم الأكبر

اكتشاف غرفة ضخمة، لم تكن معروفة من قَبل في هرم خوفو بالجيزة، من خلال التصوير بالميونات. يمتص الصخر هذه الجسيمات بشكل جزئي، وعليه، تَمكَّن الباحثون من خلال وضع كواشف الميونات داخل الهرم وخارجه، من الاستدلال على وجود فراغ، تصطدم فيه ميونات - أكثر من المتوقَّع - بأجهزة الاستشعار.

الاتجاهات الممكنة للفراغ: ■ مائل ■ أفقي



خرائط الميون

في شهر ديسمبر عام 2015، وَضَع الفيزيائي كونيهيرو موريشيما، من جامعة ناجويا في اليابان، وزملاؤه سلسلة من الكواشف داخل غرفة الملكة؛ ليقوموا برصد الميونات التي تمر عبر الهرم من أعلى. يمتص الحجر الجسيمات جزئيًّا، ومن ثم، فإن أي فجوات ضخمة في الهرم يَنتُج عنها اصطدام عدد أكبر من المتوقَّع من الميونات بالكواشف.

يقول تايوبي إنه بعد عدة أشهر، "أصبح لدينا خط غير متوقع". وللتحقق من النتيجة، استخدم فريقان آخران من الفيزيائيين - من «المنظمة اليابانية لبحوث المسرعات عالية الطاقة» في تسوكوبا، و«اللجنة الفرنسية للطاقات البديلة والطاقة الذرية» بباريس - أنواعًا مختلفة من كواشف الميونات، التي تم وضعها في مواقع أخرى داخل الهرم، وخارجه.

رصد أعضاء الفِرَق الثلاث جميعهم فراغًا ضخمًا غير متوقَّع، في الموقع نفسه فوق الرواق الكبير (انظر: «السر الكبير للهرم الأكبر»). وأُعلن عن النتائج الخاصة بهم في دورية *Nature*[1] في الثاني من نوفمبر الماضي. يبلغ طول الفراغ المُكتشَف 30 مترًا على الأقل، وله قطاع عرضي يشبه ذلك الخاص بالرواق الكبير. يقول تايوبي: "كانت مفاجأة كبيرة. نحن حقًّا متحمسون".

يقول الباحثون إن الغرفة قد تكون أفقية، أو مائلة، وربما تتكون من فراغين أو أكثر، أصغر حجمًا. والغرض من هذا الفراغ غير معلوم، لكن تايوبي يرى أنه يمكن أن يكون "رواقًا كبيرًا ثانيًا".

ومن جانبه يقول بوب برير، عالِم الآثار المصرية بجامعة لونج آيلاند في روكفيل بنيويورك، الذي شارك في تأليف كتاب «سر الهرم الأكبر» *The Secret of the Great Pyramid*، الذي نُشر في عام 2008 عن «مؤسسة سميثسونيان»، إن الرواق الكبير بأسقفه المرتفعة ذات الحواف، أو المتدرجة، والمقاعد الحجرية الغامضة، يُعَدّ "واحدًا من أروع الغرف التي بُنيت في العالم القديم". ويضيف: "إذا كان هناك واحد غيره، فسيكون ذلك خبرًا مهمًّا حقًّا".

نظريات غزيرة

يقول دودسون إنه من غير المرجح أن يحتوي الفراغ المكتشَف حديثًا على أيّ قطع أثرية تتعلق بدفن الملك، وذلك لوجود غرفة دفن بالفعل تحتوي على تابوت حجري، لكنه يخمن أن ذلك الفراغ قد يكون بمثابة "غرفة لتخفيف الحِمل"، غرضها التقليل من حِمل البناء الحجري الضاغط على الرواق الكبير. وهناك غُرَف مماثلة لتخفيف الحمل فوق غرفة الملك، وفي هرم سنفرو، والد خوفو، في ميدوم، وهو موقع آخر للأهرام بمصر.

ويرى كولن ريدر، المهندس وعالِم الجيولوجيا المستقل، الذي يعيش في ليفربول بالمملكة المتحدة، والذي قام بدراسة الأهرام المصرية، أن الغرفة الجديدة بعيدة للغاية عن الرواق الكبير، بحيث لا يمكنها أن تفي بهذا الغرض. وهو يتساءل عمّا إذا كان هذا الفراغ قد يؤدي إلى غرفة أخرى أعلى، مثلما يؤدي الرواق الكبير إلى غرفة الملك، أم لا. ويقول: "ستحتاج أن تتحقق من ذلك، وتستبعده".

ولَدَى برير نظرية ثالثة؛ ففي عام 2007، أشار هو والمعماري الفرنسي جان بيير هودين إلى أن الرواق الكبير يشكل جزءًا من نظام ضخم لموازنة الثقل، فالأوزان المنزلقة على أرضية الرواق الكبير ربما تكون قد رَفَعَت كتل الجرانيت الضخمة المكوِّنة لغرفة الملك، كما يقول. وهو يَعتقِد أن الفراغ الجديد قد يكون جزءًا من نظام ثانٍ أعلى لموازنة الثقل.

ويبدو أيضًا أن النتائج ترفض النظريةَ المطروحة من قِبل هودين وبرير بأنّ بناة الهرم الأكبر قد استخدموا منحدرًا داخليًّا لرفع الكتل إلى المستويات الأعلى. يقول برير: "إن تلك البيانات تشير إلى عدم وجود هذا المنحدر. أعتقد أننا قد ضللنا الطريق".

ومن جانبه، يقول تايوبي إنه يريد مسح هرم خفرع (الذي يُعرف أيضًا باسم خفران) بعد ذلك، وهو ثاني أكبر هرم في مصر. يُذكر أنه في أواخر ستينيات القرن الماضي، قام فريق بقيادة عالِم الفيزياء لويس ألفاريز - الحاصل على جائزة نوبل – بإجراء تصوير بالميونات في هذا الهرم، وذلك باستخدام غُرَف الوميض كواشف، وتسجيل بيانات الأشعة الكونية على شريط مغناطيسي.

وقد أفادوا بعدم وجود غُرف جديدة في المناطق التي قاموا بمسحها[2]، لكنّ تايوبي أشار إلى أن التكنولوجيا قد تحسنت بشكل كبير منذ ذلك الحين. وأضاف قائلًا: "أعتقد أن ألفاريز كان رجلًا ذا رؤية حقيقية. كان لديه الفكرة الصحيحة، ولكنْ ربما كانت هذه الفكرة في وقت مبكر أكثر من اللازم. إنّ حُلْمنا سيكون تكريم ألفاريز، وإعادة تجربة خفرع؛ لمعرفة ما إذا كان على حق، أم لا". ■

1. Morishima, K. *et al. Nature* http://dx.doi.org/10.1038/nature24647 (2017).
2. Alvarez, L. W. *Science* 167, 832–839 (1970).

علم المياه

الأردن يختبر أساليب للحفاظ على المياه

مع ازدياد شح موارد المياه في البلاد الصحراوية، يتعاون العلماء في العمل على مشروعات تستهدف الحفاظ على استمرار تدفقها.

إيمي ماكسمن، أم الجمال، الأردن

على مدار قرون طويلة مضت، كان ما يُسمى الآن «الأردن» من أكثر مناطق العالم جفافًا. واليوم، تعاني موارد البلاد المائية من الشح أكثر من أي وقت مضى، فالآبار نضبت، والمياه الجوفية تتعرض للتلوث بشكل متزايد، كما تتسرب المياه من الأنابيب القديمة. وأدى تدفق اللاجئين إلى زيادة الأزمة، حيث تضخم عدد سكان الأردن من 5.9 مليون نسمة في عام 2006 إلى 9.5 مليون في عام 2016.

يقل متوسط كمية المياه المتاحة سنويًّا لكل شخص عن 150 مترًا مكعبًا، أي ما يساوي واحدًا على الستين من الكمية المتوفرة للفرد في الولايات المتحدة. لذا فإن الباحثين - الذين يتوقعون أن يزداد الوضع سوءًا مع ارتفاع درجات الحرارة، وانخفاض مستويات هَطْل الأمطار مع التغير المناخي - يأتون إلى الأردن من أجل التعاون في أعمال البحث والتطوير في تكنولوجيا المياه.

يقول سامر طلوزي، خبير المياه بجامعة الأردن للعلوم والتكنولوجيا في إربد، إن الأردن أصبح منصة اختبار دولية، بسبب التحديات البيئية، والبنيوية، والاجتماعية، التي تواجه موارده المائية. ويقول: "إذا استطعنا بناء منظومات تعمل في الأردن؛ فإنها سوف تعمل في جميع البلدان الأخرى".

لكن ليست جميع التكنولوجيات التي يجري تطويرها في الأردن جديدة. ففي شهر أغسطس الماضي، أُعيد انتخاب حسن فهد الرحيبة، رئيس بلدية أم الجِمال الأردنية، وذلك بعد تعهده بإعادة تجديد خزانات المياه، التي بناها العرب منذ زمن قد يصل إلى سنة 90 ميلادية. فيما مضى كانت أمطار وسيول الشتاء القادمة من الجبال في سوريا، على امتداد 10 كيلومترات نحو الشمال، تتدفق عبر قنوات إلى خزانات صخر البازلت، التي تخزِّن المياه خلال مواسم الصيف الحارة. حافظ الناس على تلك المنظومة طوال 800 سنة، خلال العهود الرومانية، والبيزنطية، والإسلامية، إلى أن هُجِرت البلدة تقريبًا في سنة 900 ميلادية. واليوم، يَعتمِد أولئك الذين يعيشون حول آثار البلدة القديمة اعتمادًا كليًّا تقريبًا على الآبار العميقة التي حُفِرت بعد عام 1990. وهم يشتكون من ملوحة مياه الآبار، الواضحة من رائحتها وطعمها.

يسترجع الرحيبة - رئيس البلدية – إحدى أمسيات شهر نوفمبر

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


NEIL BRANDVOLD FOR NATURE

يرأس بيرت دي فريس مشروعًا لتجديدمنظومة مياه قديمة بالقرب من بلدة أم الجِمال بالأردن.

عام 2015، بعدما قام علماء آثار ومهندسون بالانتهاء من تجديد أول خزان من الخزانات الأصلية، وهو حوض مستطيل، تساوي مساحته مساحة أربعة أحواض سباحة أوليمبية. ويقول: "قبل منتصف الليل بساعة واحدة تقريبًا، بدأ الماء في التدفق إلى الخزان، وسهرت إلى وقت متأخر من الليل أشاهده".

استمر المشروع هذا الصيف تحت إشراف بيرت دي فريس، عالِم الآثار لدى كلية كالفن في جراند رابيدز بميشيجان. وضع مهندسون من «معهد المياه النظيفة» - التابع للكلية - مخططات لتحديد أيٍّ من القنوات تمرِّر الكمية الأكبر من مياه السيول. ويتوقع الرحيبة أن توفِّر المنظومة بعد اكتمالها 10% من الموارد المائية اللازمة لاستهلاك حوالي 4 آلاف نسمة في محيط تلك الآثار. ويقول دي فريس: "لقد غدا من الواضح أنه إذا لم يَعُد الناس للاعتماد بعض الشيء على المياه السطحية؛ فإن المياه سوف تنضب، وسوف تجف المزارع".

«إذا استطعنا بناء منظومات تعمل في الأردن؛ فإنها سوف تعمل في جميع البلدان الأخرى».

في عام 2012، تنبأ تقرير أصدرته وكالات الاستخبارات الأمريكية بأن نقص المياه، إلى جانب الفقر، والاضطرابات الاجتماعية، والهيئات السياسية الضعيفة، يمكن أن تؤدي كل تلك الأمور مجتمِعة إلى صراع في الشرق الأوسط. ولم يكن ذلك أول تحذير من هذا النوع. فقد أنفقت الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية أكثر من 700 مليون دولار أمريكي منذ عام 2000، لتطوير تكنولوجيا المياه في الأردن، وذلك من أجل درء تلك النتيجة.

يختار الباحثون العمل في الأردن، بدلًا من مناطق قاحلة أخرى، وذلك بسبب استقراره السياسي الجغرافي، والدعم الذي توفره الحكومة الأردنية. قضى طلوزي هذا الصيف في تعليم العاملين في القطاعين الحكومي والخاص كيفية استعمال برنامج للنمذجة، يعود إلى مشروع مياه الأردن، وهو تجمُّع دولي من الباحثين، متمركز في جامعة ستانفورد بكاليفورنيا. يأخذ البرنامج في الحسبان مجموعة من العوامل، منها نمو المدن، وأسعار المياه؛ من أجل اتخاذ قرارات بشأن إصلاح - أو استبدال - البنية التحتية للمياه، وتحديد التوسُّعات التي قد تلوِّث المياه الجوفية، وعلى سبيل المثال، مخيم للاجئين، أو مقلب للنفايات. يقول طلوزي: "في السابق، كانت ثمة برمجيات لإدارة المياه وفقًا لمؤشرات فيزيائية، مثل هَطْل الأمطار، والسيول السطحية، وكفاءة المنظومة، إلا أننا كنا نريد برمجيات لا تتعرف على العناصر الفيزيائية فقط، بل تشمل الإجراءات التنظيمية التي تحكم تلك المنظومات، وتأخذ في الحسبان العوامل الاقتصادية".

ويتعاون طلوزي أيضًا مع علماء من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج في العمل على تكنولوجيا للري بالتنقيط منخفض الضغط، تتصف باستهلاكها المنخفض للماء، وتتطلب حوالي نصف الطاقة اللازمة لتقنية الري بالتنقيط المألوفة. وقد اختبر الفريق التكنولوجيا التي أتوا بها في مزارع الزيتون، والحمضيات، والرمان خلال هذا الصيف، وهم يخططون الآن لإنشاء نسخة أخرى منها في السنتين القادمتين، تُغذَّى بالطاقة الشمسية.

كما يتعاون «مركز هلمهولتز لبحوث البيئة» في لايبزيج بألمانيا مع الحكومة الأردنية؛ لاختبار المرافق الصغيرة المختصة بمعالجة مياه الصرف بالترشح في التربة، التي يمكن أن تقلل التسريب وعدم الكفاءة اللذين يحدثان في المصانع الكبيرة، واللذين يمكنهما أن يؤديا إلى تلوث المياه الجوفية القريبة. ومِن شأن تأمين موارد المياه في الأردن أن يفيد ألمانيا أيضًا، كما يقول رولاند مولر، عالِم التكنولوجيا الحيوية في مركز هلمهولتز، الذي يضيف قائلًا: "بشكل ما، بدأ تدفق اللاجئين السوريين إلى ألمانيا عندما لم تتمكن المخيمات في الأردن من احتوائهم".

ويقول طلوزي إن الدولة قد تستفيد من المنظومات القديمة الموجودة في البتراء، وأم الجِمال، وتخزن مزيدًا من مياه الأمطار، وإنْ كانت تلك القنوات وحدها لا تستطيع تلبية احتياجات السكان الحاليين. ويضيف قائلًا إن المهاجرين ليسوا السبب الوحيد في نقص المياه، "فالأردنيون يرغبون في الذهاب إلى المتجر على مدار السنة؛ لشراء التفاح، والطماطم، والخس، لا أكل القمح والشعير فقط".

أما بالنسبة إلى دي فريس، فتمثل إعادة إحياء الأطلال في أم الجِمال رسالة تذكير مشجعة بأن الناس قد استطاعوا البقاء، رغم الظروف القاسية، وذلك بفضل براعتهم. ويقول: "مع تعاقُب الحضارات على هذه الأرض، وُجد أن الشيء الذي بقي ثابتًا عبر الزمن هو إعادة استخدام منظومة المياه، والاعتماد عليها. لم يكن الناس في الأزمان القديمة رجعيين، بل كانوا أذكياء، واخترعوا تقنية يمكننا إعادة إحيائها". ■

قام بتمويل رحلة إعداد هذه المقالة «مركز بوليتزر لإعلام الأزمات».

الأمراض المعدية

تشكيل موقع ضخم لبيانات الإيبولا

جهود دولية تسعى لإيجاد قيادة أفريقية.

إيمي ماكسمن

توفي أكثر من أحد عشر ألف شخص، إثر اجتياح وباء الإيبولا لغرب أفريقيا في الفترة بين عامي 2014، و2016، إلا أن الأطباء مازالوا يفتقرون إلى البيانات التي تمكِّنهم من تشخيص المرض بشكل موثوق فيه من المرة الأولى التي يدخل فيها المريض إلى العيادة. ولسدّ هذه الثغرة وغيرها، قبل حدوث التفشي القادم للوباء، يعمل الباحثون على تطوير منصة لتنظيم بيانات الإيبولا، ومشاركتها، بعد أنْ تَشَتَّت، حتى أصبحت بعيدة المنال.

سيتولَّى تنسيق المنصة مرصدُ بيانات الأمراض المعدية (IDDO)، وهو شبكة بحثية دولية، مقرها «جامعة أكسفورد» بالمملكة المتحدة. ومن المقرر إطلاقها في نهاية العام الحالي. وكان الفريق المطوِّر للمنصة ينوي - من خلال مؤتمر انعقد بمدينة كوناكري في غينيا؛ لمناقشة وباء الإيبولا، في الفترة من السابع، حتى التاسع من سبتمبر الماضي - السعي لتلقِّي البيانات من العلماء، ومسؤولي الصحة، والجماعات الداعمة في غرب أفريقيا.

تقول لورا ميرسون، المدير المساعد بمرصد بيانات الأمراض المعدية: "نسعى نحو قيادة غرب أفريقية، من خلال هذه المبادرة".

ومن جانبه، يرى جون أمواسي - الباحث المتخصص في الأمراض المعدية في «مركز كوماسي للبحوث التعاونية في طب الأمراض الاستوائية» في غانا، وعضو اللجنة التوجيهية بالمنصة - أنه يجب على الأفريقيين المشاركة في إنشاء المنصة، حتى لا يقتصر الأمر على حصولهم على البيانات المتاحة فقط، بل يشمل أيضًا تحسين قدراتهم على إجراء البحوث أثناء حالات تفشِّي الوباء مستقبَلًا.

وترغب ميرسون ومعاونوها في تجنب تجزئة البيانات بالشكل الذي أعاق الجهود الساعية إلى إيقاف التفشي المدمر في ليبيريا، وغينيا، وسيراليون. ويخطط المنظِّمون بالمنصة لجَمْع البيانات - التي تم محو هوية أصحابها - من السجلات الطبية للمرضى الذين تعرضوا للإيبولا، وأولئك الذين تعافوا منه، وكذا جمْع بيانات من التجارب الإكلينيكية، ومشروعات الصحة العامة في أثناء هذا التفشي وغيره من حالات التفشي التي حدثت في أفريقيا.

وتتمثل إحدى المسائل الحساسة في تحديد مَن سيتحكم في البيانات. يقول أمواسي إنه يُفضِّل أن ترعى أفريقيا قاعدة البيانات، وتشرف عليها، إلا أنه يضيف أن ذلك يبدو مستبعَدًا، لأنه قد يزيد من تكلفة المشروع.

وتقول ميرسون إنه سيُحتَفَظ بنسخة من قاعدة البيانات في غرب أفريقيا، بيد أنه لم يتم الاستقرار حتى الآن على المكان المحدد لذلك.

ومن جانبه، يقول جيريمي فارار - مدير صندوق «وِيلْكَم تراسْت» في لندن - إنه من الأهمية بمكان أن تُجرى هذه النقاشات في الفترة الحالية التي تتسم بالهدوء النسبي. ويضيف قائلًا إنّ "هناك خطرًا أكبر، وهو أن يمضي العالَم قدمًا، وينسى الرعب الذي تَسَبَّب فيه وباء الإيبولا في منطقة غرب أفريقيا". ■

علم البيئة

جبل جليدي يكشف منظومةً بيئيةً سرية

يسارع علماء الأحياء إلى دراسة البيئة الحياتية المكتشَفة تحت الجرف الجليدي «لارسن سي» في القارة القطبية الجنوبية، قبل أن تتغير.

جو مارشانت

يسارع علماء الأحياء إلى زيارة منطقة كُشف عنها حديثًا في المحيط الجنوبي، فور توفُّر شروط السلامة في الإبحار إلى هناك. فقد انفصل واحد من أكبر الجبال الجليدية المعروفة عن الجرف الجليدي «لارسن سي» في شبه الجزيرة القطبية الجنوبية في شهر يوليو الماضي. ومع ابتعاده وتحرُّكه إلى داخل بحر «وِدِل»، يكشف مساحة من قاع البحر، تبلغ 5,800 كيلومتر مربع، كان الجليد يحجبها لفترة تصل إلى 120 ألف سنة. وإذا استطاع الباحثون الوصول إلى تلك المنطقة بسرعة كافية؛ فستتاح لهم الفرصة لدراسة النظام البيئي الموجود في الأعماق، قبل تَغَيُّره بفعل فقدان الجليد.

يقول يوليان جوت، عالِم البيئة البحرية في معهد ألفريد فيجنر للأبحاث القطبية والبحرية في بريمرهافن في ألمانيا: "لا يمكنني تصوُّر وجود تحوُّل أكبر من هذا في الظروف البيئية في أي نظام بيئي على كوكب الأرض".

من الصعب على العلماء المتخصصين في دراسة القارة القطبية الجنوبية الاستجابة بسرعة للأحداث المفاجئة، إذ إن السفن المُجَهَّزة للأبحاث القطبية تتطلب عادة حجزًا مسبَقًا قبل الموعد بعدة أشهر، إنْ لم يكن سنوات. وقد تَحَدَّد بالفعل موعد لبعثة بحثية ألمانية، يقودها بوريس دورشيل، رئيس قسم قياس الأعماق البحرية في «معهد ألفريد فيجنر»، لزيارة منطقة لارسن. وسوف تتضمن البعثة مسحًا للتنوع الحيوي في المنطقة المكشوفة حديثًا، وذلك في مارس عام 2019.

وجدير بالذكر أن آمال الوصول إلى هذه المنطقة في موسم الصيف الحالي بالقطب الجنوبي معلَّقة على هيئة المسح البريطانية للقطب الجنوبي (BAS) في كامبريدج. وقد شرعت الهيئة في تقديم طلب عاجل مدفوع بحدث انفصال الجليد، قادته كاترين لينس - عالمة أولى بالهيئة، متخصصة في التنوع الحيوي - لإرسال سفينة بحثية في مطلع عام 2018. وينظر أحد مجالس التمويل البريطانية الطلب الآن. كما يدرس باحثون من كوريا الجنوبية ما إذا كانوا سيقومون بتحويل مسار بعثة مخطَّط لها لجزر شيتلاند الجنوبية، أم لا، حسب قول هيونج شول شين، عالِم أحياء المحيطات في المعهد الكوري للبحوث القطبية في إنتشون.

وإذا ما نجح مقترَح هيئة المسح البريطانية للقطب الجنوبي؛ ستكون هذه هي المرة الأولى التي يتمكن فيها علماء الأحياء البحرية من استكشاف منظومة بيئية كهذه بسرعة، بعد انفصال الجبل الجليدي. انفصلت أجزاء قريبة من الجرف الجليدي في «لارسن إيه» في عام 1995، وفي «لارسن بي» في عام 2002، لكنْ مضت سنوات عديدة قبل أن يتلاشى الجليد البحري تمامًا من المحيط، ويتمكن علماء الأحياء من زيارة المنطقة بأمان. كان جوت هو أول مَن وصل إلى هناك، وقام بمسح تفصيلي، قائدًا لفريق من حوالي 50 عالِمًا على متن السفينة البحثية الألمانية «بولارشتيرن» Polarstern في عام 2007. قامت البعثة بجمْع عيِّنات لمئات الكائنات الموجودة في المناطق التي كَشَفها الانفصال في الجرفين الجليديين «لارسن إيه»، و«لارسن بي»، ورصدوا علامات تشير إلى نظام بيئي فريد، يحتوي على أنواع أكثر من الكائنات التي تعيش في المياه العميقة من أي مكان آخر في الجرف القاري بالقارة القطبية الجنوبية (J. Gutt *et al*. *Deep-Sea Res. II* **58**, 74–83; 2011)، إلا أنه كانت هناك أنواع أخرى من الكائنات تتحرك للداخل بالفعل، ومنها الكيسيات البحرية سريعة النمو، وسَمَك الكريل، وحيتان المِنْك. تقول لينس: "وبحلول ذلك الوقت، كان الكثير قد حدث".

وبخلاف التوقعات، أظهرت مقاطع الفيديو التي التقطها علماء فيزياء الأرض في إحدى رحلات برنامج القطب الجنوبي الأمريكي في موقع «لارسن بي» في مارس عام 2005 أن أغلب قاع البحر مغطًّى بحصيرة بيضاء، فسَّرها العلماء بأنها طبقة من الميكروبات الآكلة للكبريت، بالإضافة إلى نوع من المحار الكبير، كيميائيِّ التغذية، أي يتغذى على مصادر أخرى للطاقة، بخلاف الشمس. وكان ذلك هو أول ذِكر لنظام بيئي كيميائي التغذية في القطب الجنوبي، ولكنْ عندما وصلت سفينة «بولارشتيرن» بعد ذلك بعامين، لم يشاهد فريق جوت سوى أصداف المحار الميتة، وطبقة من المواد النباتية المتحللة، والرواسب.

وكان مِن المقرر أن يناقش علماء الأحياء الأولويات البحثية لجرف «لارسن سي»، والمناطق التي سيُكشف عنها في المستقبل في اجتماع أقيم في المختبر الساحلي والبحري التابع لجامعة ولاية فلوريدا، في سانت تيريزا، في شهر نوفمبر الماضي. وفي الوقت نفسه، ينتظر فريق لينس أن يعرف مصير طلب البعثة، الذي قدمته هيئة المسح البريطانية للقطب الجنوبي، بينما يراقب الجبل الجليدي عن طريق صور القمر الصناعي. تقول أثنا دينار، المتحدثة الرسمية باسم الهيئة: "ننتظر أن تدفع الرياح الجبل الجليدي إلى الخارج بعض الشيء، وتزيح الجليد البحري من الداخل". ■

COPERNICUS SENTINEL-1 VIA BAS

الجبل الجليدي المنفصل يماثل حجمه مساحة ولاية ديلاوير.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



موقع ثولاميلا في متنزه كروجر الوطني.

جنوب إفريقيا

حادث سرقة يثير الشكوك حول إعارة الآثار

يمكن للنهب أن يعرقل مساعي عرض الآثار في مواقعها الأصلية.

سارة وايلد

عندما سرق اللصوص بعض القطع الأثرية الذهبية - التي تعود إلى قرون من الزمن - من متنزه بجنوب أفريقيا في ديسمبر 2016، كان الأمر يتخطى كونهم اختلسوا كنوزًا أثرية. فقد أثار حادثُ السرقة هذا صرخة احتجاج بين الأكاديميين، الذين كانوا قد سمعوا للتو بأمر السرقة، كما أثار تساؤلات حول الجهود المتزايدة لإعادة القِطَع ذات الأهمية الثقافية إلى المنطقة التي عُثر عليها فيها.

يخشى علماء الآثار والأمناء على بعض المتاحف الكبيرة من أن تفشل المؤسسات المحلية الأصغر أحيانًا في مهمة التأمين، وألا تتمكن من الحفاظ على القطع الأثرية بالشكل المطلوب؛ ما يعرِّضها للخطر. يقول كيفين ماكدونالد، عالِم الآثار في «كلية لندن الجامعية»: "هناك دائمًا تعارض بين الأمن، والارتباط المحلي والفوائد السياحية في المتاحف الإقليمية بالمناطق النائية. فلو كنتُ أنا الأمين المسؤول عن تلك القطع؛ لكنتُ سأفكر مرتين، قبل أن أضعها في مواضع تعرِّضها للخطر".

تضم القطع الأثرية المسروقة قلادة، وأساور، وحبات استُخرجت من مقبرتين في موقع ثولاميلا الأثري، الذي كان مأهولًا بين القرنين الثالث عشر، والسابع عشر. ويقع هذا المكان في متنزه كروجر الوطني، وكانت القطع الأثرية قيد الإعارة للمتنزه عندما تمت سرقتها من متحف صغير هناك. تشجِّع التشريعات التراثية في جنوب أفريقيا على تخزين القطع الأثرية في مقاطعات المنشأ، لكن الجامعات والمتاحف هي فقط التي لديها الاعتمادات لتخزينها بشكل دائم. وعادةً ما تعرض قطع ثولاميلا الأثرية في متحف ديتسونج الوطني للتاريخ الثقافي في بريتوريا.

خَلَّفت حادثة السرقة فجوة في تاريخ تجارة الذهب في جنوب أفريقيا، كما تقول سيان تيلي نيل، التي تدير المتاحف بجامعة بريتوريا. تشرف تيلي نيل على مجموعة من القطع الأثرية، التي تم اكتشافها فيما كان يُسمى ذات يوم «مملكة مابونجوبوي» في شمالي جنوب أفريقيا. وشهدت ثولاميلا ومابونجوبوي أهم اكتشافات الذهب الأثرية في جنوب أفريقيا، على حد قولها، مضيفة أن "القطع الأثرية الذهبية بالغة الندرة، ولهذا السبب، يُعتبر حادث السرقة الذي تم في ثولاميلا أمرًا مؤسفًا".

عائق أمام العودة

يعرقِل حادثُ السرقة كذلك المناقشات حول نقل القطع الأثرية الأخرى إلى مواقع تقع تحت سُلْطة المنتزهات الوطنية بجنوب أفريقيا، أو ما يُسمى «سان باركس» SANParks، وهي جهة حفظ مدعومة من الحكومة. يقول باحثون من مؤسسات أخرى إن هذه الجهة تسعى لتصبح مستودعًا رسميًّا للآثار منذ نحو عقد من الزمن، وبها عدد من القطع على سبيل الاستعارة من مجموعات كل من ثولاميلا، ومابونجوبوي، لكن تيلي نيل تقول إن جامعة بريتوريا لديها مخاوف حقيقية حيال وضع مجموعة مابونجوبوي المُعَارة لـ«سان باركس».

وتوضح قائلة: "كشفت عمليات التفتيش في الموقع عن تدهور الأوضاع هناك، وضَعْف الحراسة، وممارسات غير مناسبة لإدارة المجموعات، وذلك في مركز شرح مجموعة مابونجوبوي، الذي لم يكن مصممًّا في الأصل لاستضافة قطع متاحف أصلية". وتقول جامعة بريتوريا وأمناء آخرون إنهم ينظرون في سَحْب قِطَعهم الأثرية من «سان باركس»، وإيقاف النقاشات حول الاستعارة في المستقبل، بيد أن متحدثًا باسم «سان باركس» عارَض انتقادات تيلي نيل لأوضاع المَرافق هناك. وأضاف قائلًا: "إن «سان باركس» مُلْزَمة بحكاية القصة كاملة فيما يتعلق بمتنزهاتها، حيث يَستلزِم أمر عَرْض القِطَع اتخاذ التدابير لذلك". ■

الطب الحيوي

العلماء يحاربون القيود الموضوعة على أبحاث الأجنة

باحثون من كوريا الجنوبية يتطلعون إلى العمل على خلايا بشرية.

مارك زاسترو

بعد مرور أكثر من عقد على فضيحة احتيال في مجال علم الخلايا الجذعية، هزت كوريا الجنوبية، يكثف العلماء في هذا المجال الضغوط على الحكومة؛ لتخفيف القوانين الصارمة المفروضة من قِبل الدولة على أبحاث الأجنة البشرية، التي يصفها العديد من الباحثين بأنها تعتبر بمثابة حظر.

في الثلاثين من أغسطس الماضي، عقدت اللجنة الوطنية للأخلاقيات البيولوجية منتدى عامًّا، بالتعاون مع وزارة الصحة والرعاية الاجتماعية في سول، دعت إليه باحثين وعلماء؛ لمناقشة التغييرات التي يمكن إجراؤها على سياسات الأخلاقيات البيولوجية الخاصة بالأعمال البحثية.

وفي المنتدى صرَّح جين سو كيم - العالِم المتخصص في هندسة الجينوم بمعهد العلوم الأساسية في دايجون بكوريا الجنوبية - قائلًا: "نحتاج إلى مراجعة القوانين ذات الصلة، والمؤسسات المعنية، على وجه السرعة". كما أشار إلى أن هذه القوانين قد وُضِعَت قبل ظهور أدوات التحرير الجيني، مثل «كريسبر-كاس9» CRISPR–Cas9؛ وذُكر أنه غير مسموح في كوريا الجنوبية استخدام مثل هذه الأدوات على الأجنة البشرية.

يحذِّر بعض المهتمين بالأخلاقيات البيولوجية من أنْ يتم تغيير القانون مِن دون طرح الأمر للتشاور مع العامة. فقبل انعقاد المنتدى، ذكر الإعلام المحلي أن لجنة منفصلة شَكَّلتها الحكومة، مكونة من باحثين ومتخصصين في مجال الأخلاقيات وعلماء دين، كانت على وشك أن توصي برفع الحكومة لقيودها على أبحاث الأجنة البشرية، بيد أن قسم الأخلاقيات البيولوجية بوزارة الصحة صرَّح للفريق الإخباري لدورية *Nature* بأنه لا توجد خطة لمراجعة القوانين الحالية.

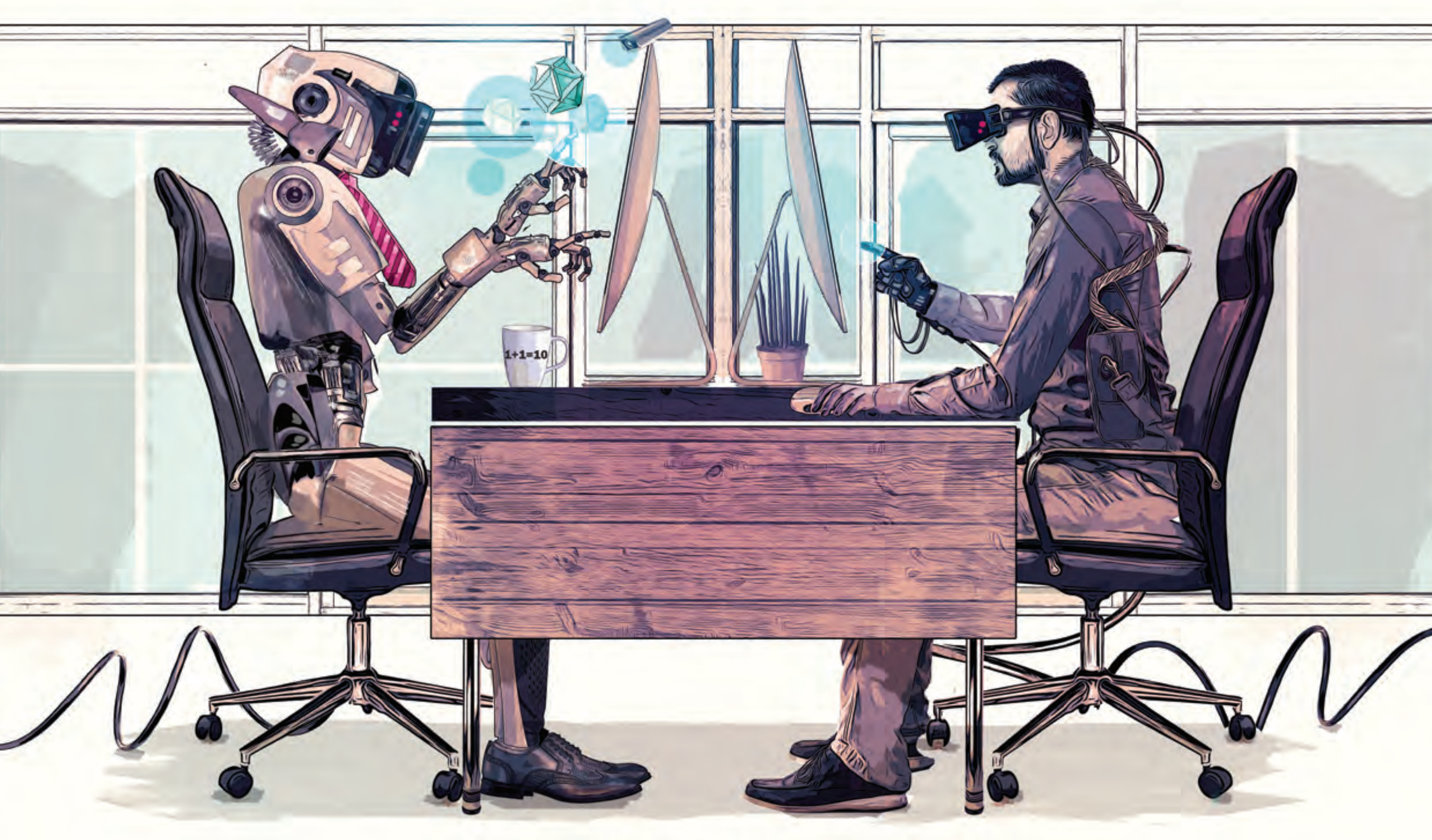
في عام 2005، كانت كوريا الجنوبية قد قَصَرَت أبحاث الأجنة البشرية على العلماء الحاصلين على ترخيص من اللجنة الوطنية للأخلاقيات البيولوجية. وكان الفريق الذي يقوده وو سوك هوانج، الذي كان يعمل آنذاك بجامعة سول الوطنية، هو الفريق الوحيد الذي حصل على موافقة. وفي عام 2006، اكتشف الباحثون تزوير هوانج لبعض النتائج، وأُدين فيما بعد بالاختلاس، وانتهاك الأخلاقيات البيولوجية.

يقول باحثون إن إصدار الموافقات لإجراء أبحاث جديدة قد توقف فعليًّا. ومنذ تلك الواقعة، لم يحصل سوى فريق واحد – بقيادة دونج ريول لي، المتخصص في علم الأحياء النمائي بجامعة سي. إتش. إيه. في سيول - على ترخيص لإجراء مشروعات بحثية على الخلايا الجذعية الجنينية. يقول لي إنه يتعين عليه إنجاز قَدْر كبير من أبحاثه في الخارج. ففي كوريا الجنوبية، يستطيع فريقه فقط أن يستخدم البويضات الفائضة المتبقية من عمليات التلقيح الصناعي؛ وهي ليست مثالية، إذ إن هذه البويضات تكون قد تعرضت للتجميد.

يقول كيم إن تغيير القوانين قد يستغرق أعوامًا، إلا أنه "يبدو أن عقد جلسات استماع عامة هو خطوة إلى الأمام في مسيرة طويلة". ■

شَكْل العمل في المستقبل

الثورة الرقمية تعيد تشكيل القوى العاملة حول العالم بثلاث طرق.



ILLUSTRATIONS BY CHRIS MALBON

إميلي أنثيز

في العام الماضي، شرع رائد الأعمال سباستيان ترُون في تعزيز قوة مبيعاته، من خلال الذكاء الاصطناعي. وترُون هو مؤسس ورئيس شركة «أوداسيتي» Udacity، وهي شركة تعليمية، تقدِّم دورات تدريبة على شبكة الإنترنت، وتوظف أسطولًا من موظفي المبيعات الذين يجيبون عن الأسئلة المطروحة من الطلاب المحتمَلين، عبر المحادثات على شبكة الإنترنت. وقد عمل ترُون - الذي يدير أيضًا مختبرًا لعلوم الكمبيوتر بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا - مع أحد طلابه على جمع نصوص تلك المحادثات، مع ملاحظة المحادثات التي نتج عنها تسجيل الطلاب في إحدى الدورات التدريبية. زوَّد الاثنان نظامًا لتعلم الآلة، يستطيع استخلاص الإجابات الأكثر فعالية لمجموعة متنوعة من الأسئلة الشائعة بالبيانات التي حصلوا عليها.

بعد ذلك.. وضعا مساعد المبيعات الرقمي ذلك جنبًا إلى جنب مع زملائه من البشر. وعندما كان يأتي استفسار عن أمر ما، كان البرنامج يقترح ردًّا مناسبًا، يستطيع موظف المبيعات تهيئته حسب الطلب، إذا لزم الأمر. كان ذلك برنامجًا نصيًّا للمبيعات، يتميز بكونه تفاعليًّا وآنيًّا، حيث تدعم مجموعات من البيانات كلَّ جزء من أجزاء الخطاب التجاري. وقد نجح الأمر؛ حيث تمكَّن الفريق من التعامل مع ضعف عدد العملاء المحتملين بشكل فوري، وتحويل نسبة أعلى منهم إلى مبيعات. يقول ترُون إن النظام قام في الأساس بتجميع مهارات أفضل موظفي المبيعات على مستوى الشركة، ومنحها للفريق برُمَّته، وهي عملية يراها ترُون خطوة ثورية. يقول ترُون: "مثلما أسهَم المحرك البخاري والسيارة في تعظيم قوتنا العضلية، يمكن أن يؤدي ذلك إلى تعزيز قوتنا العقلية، وتحويلنا إلى بشر خارقين من الناحية الذهنية".

لقد شهد العقد الماضي تطورات مذهلة في التقنيات الرقمية، بما فيها الذكاء الاصطناعي، وعلم الروبوت، والحوسبة السحابية، وأساليب تحليل البيانات، والاتصالات النقالة. وعلى مدار العقود القادمة، سوف تقوم تلك التقنيات بتغيير كل الصناعات تقريبًا.. من الزراعة، والطب، والتصنيع، إلى المبيعات، والتمويل، والمواصلات؛ وإعادة تشكيل طبيعة العمل. يقول إريك برينولفسون، الذي يتولى إدارة مبادرة الاقتصاد الرقمي بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج: "سوف نستغني عن ملايين الوظائف، وستُخلَق ملايين الوظائف الجديدة، التي سيكون هناك حاجة إليها، إلى جانب تغيير عدد أكبر بكثير من الوظائف الأخرى".

إنّ إصدار تنبؤات يقينية أمر صعب. يقول برينولفسون: "التكنولوجيا الآن تتسارع قُدمًا، وهذا أمر جيد بصورة ما، ولكننا نواجه فجوة ضخمة في فهْم مدلولات ذلك. وثمة حاجة كبيرة - بل وفرصة هائلة - لدراسة التغيرات". لقد شرع الباحثون - في الوقت الراهن - في القيام بذلك فعليًّا، وتقاوِم الأدلة الناشئة التفسيرات المبسطة، ومن المرجح أن تؤدي التطورات الجارية في التقنيات الرقمية إلى تغيير شكل العمل بوسائل وأساليب معقدة وغير واضحة، وهو الأمر الذي من شأنه أن يخلق فرصًا ومخاطر للعمال في آن واحد (انظر: «الحاجة إلى مزيد من الأبحاث»).

وفيما يلي ثلاثة أسئلة مُلِحَّة بشأن مستقبل العمل في عالم رقمي، وكيف بدأ الباحثون حاليًّا في الإجابة عن تلك الأسئلة.

مستقبَل العمل
عدد خاص من دورية Nature

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هل سيحلّ تعلم الآلة محل العمال المهرة؟

في الموجات السابقة من الأتمتة (الاستعاضة عن الإنسان بالآلة)، سمحت التطورات التكنولوجية للآلات بمباشرة المهام البسيطة، والمتكررة، والروتينية. يتيح تعلُّم الآلة إمكانية أتمتة المزيد من المهام المعرفية الأكثر تعقيدًا، وغير الروتينية. يقول برينوفلسون: "على مدار الجزء الأكبر من الأعوام الأربعين أو الخمسين الماضية، كان من المستحيل أتمتة مهمّة، قبل أن نفهمها فهمًا جيدًا للغاية. أمّا في الوقت الحالي، فلم يعد ذلك صحيحًا، فالآلات الآن يمكنها التعلم بمفردها".

تستطيع أنظمة تعلُّم الآلة أن تترجم الكلام، وتضع وسمًا على الصور، وتختار الأسهم المالية، وتكشف عن الغش التجاري، وتشخِّص الأمراض، وهو الأمر الذي يجعلها تنافس أداء البشر في بعض المجالات الجديدة والمثيرة للدهشة. يقول ترُون: "في واقع الأمر، يمكن للآلة فحص عينات من البيانات، تفوق بدرجة كبيرة جدًّا ما يستطيعه البشر". وفي وقت سابق من هذا عام 2017، قاد ترُون فريقًا، أوضح أنه يمكن استخدام حوالي 129 ألف صورة لإصابات جلدية؛ لتدريب الآلة على تشخيص مرض سرطان الجلد بدرجة من الدقة تُمَاثِل قدرة أطباء الأمراض الجلدية المؤهَّلين[1].

أثارت تلك التطورات مخاوف من أنْ تحلّ تلك الأنظمة محل العنصر البشري في مجالات كانت تبدو في وقت ما معقدة جدًّا بدرجة لا تجعلها قابلة للأتمتة. وقد بدت التقديرات الأولية مفزعة. ففي عام 2013، قام الباحثون في برنامج «أكسفورد مارتين للتكنولوجيا والتوظيف» في جامعة أكسفورد في المملكة المتحدة بمراجعة التطورات والتحديات طويلة الأمد في تعلُّم الآلة وعلم الروبوتات المتنقلة؛ لتقدير مدى قابلية 702 وظيفة مختلفة للأتمتة[2]. كانت النتيجة المذهلة التي توصَّل إليها الباحثون أن 47% من الوظائف في الولايات المتحدة كانت معرَّضة بشدة لخطر التحول إلى الحوسبة، وكانت الوظائف الأكثر عرضة لهذا التحول في مجالات النقل والمواصلات، واللوجستيات، والإنتاج، والدعم الإداري. كان ذلك يعني إثارة المتاعب لبعض العمال، مثل سائقي التاكسي، وموظفي السكرتارية القانونية، وموظفي السجلات.

ومنذ ذلك الحين، رأى باحثون آخرون أن نسبة 47% مرتفعة بشكل مُبَالَغ فيه، إذا وضعنا في الاعتبار تنوع المهام التي يقوم بأدائها العاملون في كثير من الوظائف. يقول أولريتش زيران، كبير الباحثين بمركز البحوث الاقتصادية الأوروبية في مانهايم بألمانيا: "عندما تتعمق في المسألة، وعندما تنظر في هيكل المهام، الخاص بما يقوم به الأشخاص فعليًّا في عملهم، سوف تجد أن تلك التقديرات تنخفض عن تلك النسبة كثيرًا".

على سبيل المثال، أفادت دراسة أكسفورد أن الموظفين الكتابيين في مجالات مسك الدفاتر، والمحاسبة، والمراجعة يواجهون خطر الأتمتة بنسبة 98%، ولكن عندما قام زيران وزملاؤه بتحليل بيانات استقصائية بشأن ما يقوم به العاملون في تلك الوظائف في حقيقة الأمر، وجد الفريق أن 76% منهم يعملون في وظائف تتطلب عملًا جماعيًّا، أو تتضمن اتصالًا مباشرًا.. فتلك المهام ليس من السهل إخضاعها حاليًّا - على الأقل - للأتمتة[3]. وعندما قام المؤلفون بتوسيع نطاق النهج الذي اتبعوه، ليشمل وظائف ومهنًا أخرى؛ وجدوا أرقامًا وإحصائيات أقل إفزاعًا فيما يخص عدد الوظائف المعرَّضة للخطر في البلدان التي أُجريَ فيها المسح الاستقصائي، وعددها 21 دولة. في الولايات المتحدة، كان نصيب العمال المعرَّضين لخطر الأتمتة بدرجة عالية يبلغ 9% فقط، وكان الرقم يتفاوت بين الحد الأدنى المسجَّل في كوريا الجنوبية وإستونيا بنسبة (6%)، والحد الأعلى المسجل في ألمانيا والنمسا بنسبة (12%)، (انظر: «تأخير انتفاضة الروبوتات»).

تأخير انتفاضة الروبوتات

نَظَرَ تقريرٌ صدر في عام 2016 في مسألة نسبة الوظائف المعرَّضة بشدة لخطر الأتمتة (أكثر من 70%) في 21 دولة من الدول مرتفعة الدخل. كانت التقديرات التي سُجلت في ذلك التقرير أقل من التقديرات السابقة، لأنها كانت تمثل مجموعة كبيرة ومتنوعة من المهام التي يؤديها العمال في إطار وظائف معينة.

كوريا الجنوبية
إستونيا
فنلندا
بلجيكا
اليابان
بولندا
السويد
أيرلندا
الدنمارك
فرنسا
الولايات المتحدة
كندا
إيطاليا
هولندا
جمهورية التشيك
النرويج
المملكة المتحدة
سلوفاكيا
إسبانيا
ألمانيا
النمسا

0 5 10 15

نسبة العمالة المهدَّدة بالخطر الشديد (أكثر من 70%)

SOURCES: OECD/REF. 3 (HTTP://GO.NATURE.COM/2KK4D4Y)

يعمل برينولفسون حاليًّا مع توم ميتشل، عالِم الكمبيوتر بجامعة كارنيجي ميلون في بيتسبرج بولاية بنسلفانيا، على التعمق في تأثير تعلُّم الآلة. قام الباحثان بتطوير قاعدة؛ لتحديد السمات والخصائص التي تجعل مهام معينة قابلة تحديدًا لذلك النهج. على سبيل المثال، تتميز أنظمة تعلُّم الآلة بالكفاءة في المهام التي تتضمن ترجمة مجموعة واحدة من المدخلات - مثل صور إصابات جلدية - إلى مجموعة أخرى من المخرَجات، مثل تشخيص مرض السرطان. ومن المرجح للغاية استخدام تلك الأنظمة في أداء المهام التي تكون فيها مجموعات البيانات الرقمية الضخمة المطلوبة لتدريب النظام متاحةً ومتوفرة بسهولة. يتصفح برينولفسون وميتشيل حاليًّا العديد من قواعد البيانات الوظيفية الضخمة؛ لتحديد مدى التوافق بين مجموعة متنوعة من المهام الخاصة بأماكن العمل، وتلك المعايير، وغيرها.

وحتى مع توفُّر تلك الأنواع من التحليل في متناول اليد، فإن تحديد النتائج المترتبة عليها بالنسبة إلى سوق العمل عملية معقدة، فليس معنى أن هناك مهمة معينة يمكن أن تخضع للأتمتة أن ذلك سوف يحدث بالفعل، فغالبًا ما تحتاج التقنيات الجديدة إلى إجراء تغييرات تنظيمية مكلفة، ومهدرة للوقت. ويمكن أن تؤدي المعوقات القانونية والأخلاقية والمجتمعية إلى تأخير أو عرقلة نشر تلك التقنيات. يقول فيديريكو كابيتزا، الذي يدرس المعلوماتية في مجال الرعاية الصحية بجامعة ميلانو-بيكوكا في إيطاليا: "الذكاء الاصطناعي ليس منتَجًا متوفرًا في الأسواق بعد"، حيث يتطلب تنفيذ أنظمة تعلُّم الآلة الطبية كلًّا من الاستعداد التقني، والتهيؤ لتخصيص آلاف من ساعات العمل لكل فرد؛ بما يلزم لجعل تلك الأنظمة قادرة على العمل، حسبما يقول كابيتزا، ناهيك عن الحصول على تأييد مقدمي الرعاية، والمرضى.

تشير الأبحاث إلى أن الأيدي العاملة تتميز بالمرونة في التكيف مع التقنيات الجديدة، ففي النصف الثاني من القرن العشرين، حثت عملية زيادة الأتمتة على التغيير والانتقال ما بين الوظائف، حيث بدأ الموظفون يؤدون مهام أكثر تعقيدًا وغير روتينية. وفي بعض الحالات المستقبلية، يمكن لتلك التغيُّرات أن تكون إيجابية؛ فإذا بدأت الأنظمة المؤتمَتة في إجراء التشخيصات الطبية الروتينية؛ فيمكن أن تمنح الأطباء وقتًا أطول يقضونه في التفاعل، والتواصل مع المرضى، والعمل في الحالات المعقدة. يقول ميتشيل: "إن حقيقة أن أجهزة الكمبيوتر قد أصبحت في الوقت الراهن بارعة في التشخيصات الطبية لا تعني أن الأطباء سوف يختفون كَفِئَةٍ وظيفية، بل ربما يعني ذلك أنه سوف يكون لدينا أطباء أفضل".

وفي الواقع، ربما يجد كثير من الناس أنفسهم يعملون جنبًا إلى جنب مع أنظمة الذكاء الاصطناعي، مثلما حدث مع موظفي المبيعات في شركة «أوداسيتي»، وذلك بدلًا من أن تحلّ تلك الأنظمة محلهم. فعلى سبيل المثال، لم تصبح السيارات ذاتية القيادة قادرة بَعْدُ على اجتياز جميع المواقف، ولذا تقوم شركة تصنيع السيارات «نيسان» بتطوير حلّ باستخدام القوى البشرية، فإذا صادفت واحدة من السيارات ذاتية القيادة موقفًا لا تستطيع فهمه، مثل أشغال الطريق، أو وقوع حادث مروري؛ فسوف تتصل بمركز للقيادة عن بُعْد، بحيث يمكن أن يتولى «مدير حركة» بشري زمام القيادة؛ حتى تتخطى السيارة منطقة الاضطراب تلك. يقول بيترو ميكيلوتشي، المدير التنفيذي لمعهد الحوسبة البشرية Human Computation Institute في فيرفاكس بولاية فيرجينيا: "تفكِّر الآلات - في الأساس - بطريقة مختلفة تمامًا عن البشر، ولكل منهما نقاط القوة الخاصة به. لذا فإن هناك تزاوجًا طبيعيًّا حقيقيًّا بين الآلات، والبشر".

هل سيزيد اقتصاد العربة من استغلال العمال؟

المرونة، والتنوع، والاستقلالية.. تلك هي الوعود التي يبشِّر بها اقتصاد العربة gig economy المتنامي، الذي يَستخدِم العمال فيه منصّات على شبكة الإنترنت؛ للعثور على وظائف صغيرة قصيرة الأجل. إنّ هذا النوع من العمل الحر، المتاح حسب الطلب، الذي يتم بوساطة رقمية، يمكن أن يتخذ أشكالًا متنوعة، بداية من القيادة لدى شركة خدمات سيارات الأجرة «أوبر»، إلى إنجاز المهام الصغيرة، بما فيها إجراء استطلاعات الرأي، وترجمة بضع جمل من نَصّ معين، أو وضع وَسْم على صورة بعينها، على منصة ضخمة قائمة على حشد المصادر، مثل منصّة Amazon Mechanical Turk.

تتيح تلك المنصّات الرقمية للعمال إنجاز المهام من أي مكان، بمعنى أنه يكون بمقدور تلك المنصّات إزالة بعض العوائق الجغرافية، التي تَحُول دون الحصول على وظائف جيدة. يقول مارك جراهام، عالِم الجغرافيا الرقمية بجامعة أكسفورد: "لم يعد الشخص القاطن في نيروبي بكينيا مقيدًا بسوق العمل المحلي". أمضى جراهام وزملاؤه عدة سنوات في دراسة الاقتصاد الرقمي حسب الطلب في منطقة جنوب شرق آسيا، والدول الأفريقية جنوب الصحراء الكبرى. أجرى الباحثون مقابلات شخصية مباشرة مع أكثر من 150 شخصًا يعملون في إطار اقتصاد العربة في تلك المناطق، وقاموا باستطلاع آراء ما يزيد على 500 شخص، وتحليل مئات الآلاف من التعاملات على منصّات العمل على شبكة الإنترنت.

تبيِّن النتائج المبدئية أن تلك الوظائف تفي بالفعل باحتياجات بعض العاملين في ذلك المجال؛



الحاجة إلى مزيد من الأبحاث

ما زال العلماء يصارعون لمعرفة الكيفية التي يمكن للتكنولوجيا أن تغيِّر بها أماكن العمل.

عالَم العمل المتغير يطرح أمام العلماء عددًا يكاد لا ينتهي من الموضوعات المطلوب سبر أغوارها. وهناك اتجاهان آخران من الاتجاهات الخاصة بأماكن العمل، والأسئلة البحثية التي يثيرها هذان الاتجاهان، والتي لا تزال بلا إجابة:

كيف سيستجيب العمال للأشكال الجديدة من المتابَعة والمراقَبة؟

رغم أن أصحاب الأعمال ظلوا طويلًا يراقبون أداء موظفيهم، إلا أن مراقبة أماكن العمل تدخل حقبة جديدة في الوقت الراهن.

يمكن للشركات حاليًّا - على سبيل المثال - تسجيل نقرات موظفيها على لوحة المفاتيح، وأخذ لقطات عن بُعْد لشاشات أجهزة الكمبيوتر الخاصة بهم، أو استخدام مجسّات الحركة، أو القياسات المترية، أو رقاقات التعريف بالترددات اللاسلكية (RFID)، ونظام تحديد المواقع العالمي؛ لتتبع تحركاتهم، حتى بعد انتهاء ساعات العمل، لكنْ ليس من الواضح حتى الآن ما إذا كان العمال سوف يُبدون مقاوَمة واسعة النطاق في وجه الاستخدام المتزايد لتكنولوجيا المراقبة، أو سيتمكنون من وَضْع حد فاصل لتتبُّع تحركاتهم. وهنا يُثار تساؤل أيضًا.. فهل يمكن أن تأتي الأشكال الجديدة من المراقبة بنتائج عكسية في صور أقل وضوحًا، مثل تقويض الثقة، أو هدم الروح المعنوية، أو وأد الأفكار الإبداعية؟

كيف ستؤثّر تقنيات تعزيز القدرات البشرية على صحة العمال وسلامتهم؟

بدأت تقنيات تحسين الأداء البشري، بدايةً من أدوية تنشيط الذهن، إلى «الهياكل الخارجية» الاصطناعية المصمَّمة لجَعْل العمل البدني أكثر أمانًا وسهولة، تشقّ طريقها إلى أماكن العمل.

في بعض الحالات، يمكن لتلك التقنيات المساعِدة في حماية صحة العمال، وضمان سلامتهم. ربما يساعد دواءٌ معزِّز للانتباه - مثل «المودافينيل» - سائقي المسافات الطويلة على تجنب الحوادث، في حين يمكن للهياكل الخارجية الحدّ من إجهاد المفاصل وإرهاق العضلات، ولكنّ الباحثين لا يعرفون ما إذا كان الاستخدام طويل المدى لتلك التقنيات يمكن أن يصيب العمال بالضرر، أم لا، سواء بشكل مباشر، أم غير مباشر، وربما عن طريق التشجيع على الإفراط في العمل، أو زيادة الإقدام على المجازَفات.

حيث قال 68% من المشاركين في استطلاع الرأي إنّ ذلك العمل يشكل جزءًا بالغ الأهمية من الدخل المعيشي لأُسَرهم. كذلك أتاحت المنصّات الرقمية وظائف لمجموعة متنوعة من الأشخاص - منهم نساء يتحمّلن الرعاية الأولية، ومهاجرون لا يحملون تصاريح عمل - الذين قالوا إن فُرَصهم في التوظيف كانت محدودة، لولا ذلك. يقول جراهام: "ثمة بعض الأشخاص الذين ازدهرت أحوالهم المالية بالفعل، من خلال هذه المنظومة؛ ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة إلى الجميع".

هناك زيادة واضحة في المعروض من الأيدي العاملة في اقتصاد العربة، مما يؤدي ببعض العاملين إلى تخفيض أسعارهم إلى أقل مما يمكن اعتباره سعرًا عادلًا. وهناك كثيرون يعملون لساعات طويلة بسرعات عالية، ووفقًا لمواعيد نهائية مضغوطة وصارمة. يقول جراهام: "يعيش هؤلاء الأفراد حياة مزعزِعة، وغير مستقرة بشدة، ومن ثم تجدهم قلقين مِن رَفْض أي مهمة عمل تُعرَض عليهم. تحدثنا إلى عدد ليس بالقليل، منهم مَن قاموا بالسهر لمدة 48 ساعة متواصلة في العمل؛ من أجل إتمام العمل الذي تعاقدوا عليه في موعده، وبإتقان".

يظل هناك أيضًا جانب ضخم من عدم المساواة من الناحية الجغرافية. ففي دراسة أُجريت في عام 2014 [4]، قام جراهام وعدد من زملائه بتحليل أكثر من 60 ألف صفقة ومعاملة نُفِّذت على منصة كبيرة واحدة في مارس 2013. وجد الباحثون أن غالبية المهام قام بإدراجها أرباب عمل في دول مرتفعة الدخل، وأنجزها عاملون ينتمون إلى بلدان منخفضة الدخل، أو متوسطة الدخل (انظر: «لقد انكشفت الخدعة!»).

ويبدو أن الأشخاص الذين يعيشون على مقربة من الأماكن التي تكون فيها الوظائف يتمتعون بميزة أفضل؛ فهم يحصلون على نسبة كبيرة من الأعمال المطلوبة، ويجنون دخلًا أعلى بكثير - 24.13 دولار أمريكي للساعة في المتوسط - من العمال الأجانب الذين يجنون 11.66 دولار في الساعة، نظير القيام بعمل مماثل. وهناك بلدان منخفضة أو متوسطة الدخل اجتذبت عددًا من الوظائف، يفوق بكثير جدًّا ما حصلت عليه دول أخرى؛ وتأتي الهند والفلبين على رأس قائمة الدول المستقبِلة للوظائف، وذلك في تحليل جراهام.

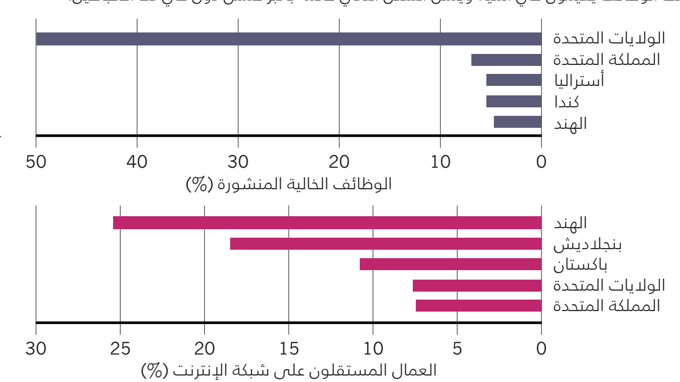
يمكن أن تفسِّر المخاوف العملية بعضًا من تلك الاختلافات وأوجه التفاوت، فربما يعزف بعض أرباب الأعمال عن توظيف العمالة الأجنبية، بسبب مسائل معينة، مثل اختلاف اللغة والمنطقة الزمنية، وربما يكون تاريخ الهند والفلبين المعروف في أعمال التعهيد قد ساعد على جعل العمال هناك أكثر جاذبية لأصحاب الأعمال، ولكنّ التمييز، سواء أكان بشكل واعٍ، أم غير واعٍ، يمكن أن يكون له دور أيضًا. فقد وجد فريق جراهام بعض قوائم المهام التي تعلِن صراحة أن الأشخاص الذين ينتمون إلى بلدان معينة لا ينبغي لهم التقدم لِشَغْل الوظيفة. يقول محمد أمير أنور، أحد الباحثين الذين يعملون مع جراهام: "رغم أن تلك التقنيات قد تمكنَتْ من الربط بين مناطق مختلفة من العالم، إلا أنها لم تستطع تجاوز تلك الأنواع من الاختلافات بقَدْر ما كنا نأمل".

وثمة دراسة إثنية ضخمة أخرى عن العمالة الحرة، بدأت تكشف مزيدًا من المعلومات عن كيفية إنجاز ذلك العمل. كما توفِّر الدراسة بعض الإشارات بشأن ما يحتاجه العاملون، لتحقيق النجاح في ذلك المجال. في الفترة بين عامي 2013، و2015، قام اثنان من كبار الباحثين بشركة «مايكروسوفت للأبحاث»، وهما عالمة الأنثروبولوجيا ماري جراي في كمبريدج بولاية ماساتشوستس، وعالِم الاجتماع الحاسوبي سيدهارت سوري في نيويورك سيتي، بإجراء دراسة استقصائية، شملت ما يقرب من ألفي شخص يعملون في مجال اقتصاد العربة في الولايات المتحدة والهند، وأجريا مقابلات مطوَّلة مع مائتي شخص تقريبًا منهم.

مِن بين أوائل الأشياء التي اكتشفها الباحثان أنه بالرغم من تصوير العمال في اقتصاد العربة على أنهم غالبًا ما يتمتعون بالاستقلالية والعمل الذاتي، إلا أنّ كثيرًا منهم كانوا في الواقع يتواصلون ويتعاونون مع بعضهم بعضًا [5]. كان هؤلاء العمال يساعدون بعضهم بعضًا في إنشاء الحسابات وملفات التعريف، ويتشاركون المعلومات الخاصة بأصحاب الأعمال من ذوي

لقد انكشفت الخدعة!

ما يقرب من نصف عدد الوظائف على أكبر المنصّات الخاصة بالعمل الحُرّ في مجال اللغة الإنجليزية على شبكة الإنترنت يَعْرِضها أصحاب الأعمال في الولايات المتحدة، ولكن كثيرًا من العمال الذين يؤدون تلك الوظائف يقيمون في آسيا. ويمثل الشكل التالي قائمة بأكبر خمس دول في كلا الاتجاهين:



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

السمعة الحسنة، والوظائف الجديدة المعلَنة، كما كانوا يقدِّمون الدعم الفني والاجتماعي. يبذل هؤلاء العاملون أيضًا جهدًا دؤوبًا، لإضافة شكل من العلاقات الإنسانية داخل تلك المنظومة، كما يقول سوري، ويفعلون ذلك على حساب وقتهم الخاص، و"لذا مِن الواضح أنهم يقدِّرون هذا بلا ريب".

وفي دراسة متابِعة، يغلب عليها الطابع الكمي[6] - قام الباحثون فيها بوضع خريطة للروابط والعلاقات الاجتماعية بين أكثر من 10 آلاف عامل على منصة Amazon Mechanical Turk - وجدت جراي وسوري وزملاؤهما أن ذلك النوع من التعاون يمكن أن تكون له مردودات وفوائد حقيقية. فالعمال الذين كانت لهم علاقات بشخص واحد على الأقل على المنصة كانت معدلات قبولهم في الوظائف أعلى، وكانت إمكانية حصولهم على وضع متميز أرجح، كما كانوا يعلمون بشأن المهام الجديدة بدرجة أسرع من هؤلاء الذين لا يمتلكون صلات، أو علاقات. تقول جراي إنه لكي يصبح الأشخاص منتجين، فلقد "اتضح أنهم بحاجة فعلًا إلى التعاون. إنهم يحتاجون بعضهم بعضًا".

هل يمكن سد فجوة المهارات الرقمية؟

ظل الخبراء على مدار أعوام يدقُّون أجراس الخطر بشأن النقص المرتقَب في المهارات الرقمية. حذَّر الخبراء من وجود عدد قليل للغاية من العاملين المدربين، الذين يمكنهم شغل الوظائف ذات التقنية العالية، وأن نقص المعرفة الرقمية الأساسية يمكن أن يمنع العاملين في بعض المناطق الجغرافية، أو المجموعات السكانية من تحقيق الازدهار في الاقتصاد الرقمي. واستجابة لذلك، انتشرت برامج إبداعية عديدة، لتعزيز المعرفة والمهارات الرقمية في شتى أنحاء العالم. وقد بدأت الأبحاث في الوقت الراهن في تقديم بعض الإشارات والتلميحات بشأن ما يمكن أن ينجح من تلك البرامج، وما لا يستطيع تحقيق النجاح؛ وكذلك بشأن الحالات التي ربما يحدث فيها قصور في التدريب على المهارات.

ومع ذلك فقد كان هناك بعض النجاحات الموثَّقة التي تحققت. فمنذ ما يزيد على عقد من الزمن، بدأت «وكالة مشروعات أبحاث الدفاع المتقدمة» DARPA بالولايات المتحدة تطوير نظام شخصي، وتفاعلي قادر على التكيف باسم «المعلِّم الرقمي»، بهدف تدريب المجندين الجدد في البحرية الأمريكية على وظائف فنيين في مجال تقنية نظم المعلومات. كان المتدربون يعملون مع ذلك المعلِّم بشكل فردي، ويتمُّون دروسًا في موضوعات مختلفة، ويقومون بحل المشكلات ذات الصلة بتلك الموضوعات. كان النظام يمنح الأولوية للتعلم النظري والتفكير، ويحثّ الطلاب بشكل دوري على مراجعة ما تعلموه. وعندما كان نظام التدريس يرى أن الطالب قد أجاد المادة العلمية، فإنه ينتقل مباشرة إلى الموضوع التالي.

وفي دراسةِ مراجعة[7] أُجريت على البرنامج في عام 2014، وجد الباحثون بمعهد التحليلات الدفاعية في ألكساندريا بولاية فيرجينيا أن أداء 12 مجندًا أتموا الدورة الدراسية التي تستمر 16 أسبوعًا قد فاق أداء خريجي البحرية الأمريكية، الذين تلقوا تدريبًا على تقنية المعلومات بالأسلوب التقليدي القائم على قاعات الدرس، الذي كان يستغرق مدة أطول من ضعفَي مدة برنامج DARPA، بل إن المجندين الاثني عشر تفوقوا بجميع المقاييس تقريبًا على مجموعة من كبار الفنيين في تقنية المعلومات البحرية، كانوا جميعًا يمتلكون خبرة تقترب في المتوسط من 10 سنوات. يقول دِكستر فلِتشر، الذي شارك في الدراسة المراجعة: "إذا كنا نستطيع تحقيق ذلك، فلماذا لا نقوم بالمزيد؟ لماذا لا نبدأ في تطبيق ذلك بجدية على تدريب القوى العاملة؟"

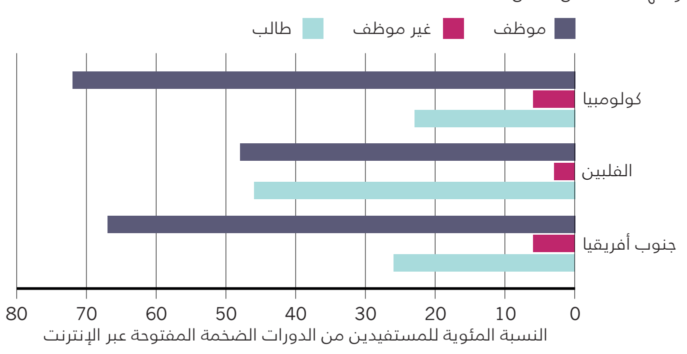
وفي دراسةٍ متابعة[8]، وجد فلِتشر أن إصدارًا معدلًا بشكل بسيط من برنامج «المعلِّم الرقمي» قد أثمر عن نتائج مشابِهة، عندما استُخدم في تدريب 100 من العسكريين المحنكين على وظائف مدنية في تقنية المعلومات. ففي غضون ستة أشهر من إتمام البرنامج، حصل 97% من هؤلاء العسكريين المحنّكين - الذين كانوا يرغبون في العمل في وظائف في قطاع تقنية المعلومات - على الوظائف التي أرادوها، وكان متوسط الراتب السنوي الذي يحصلون عليه من تلك الوظائف مساويًا لراتب شخص يمتلك خبرة تتراوح بين ثلاث وخمس سنوات في المجال.

كما جرى تشجيع العديد من الاستراتيجيات الأخرى؛ من أجل تحسين المهارات الرقمية والتوظيف، بما في ذلك الدورات الضخمة المفتوحة عبر الإنترنت (MOOCs) - وهي مجموعة من الدروس ذات المستوى الجامعي، يتم إلقاؤها عبر شبكة الإنترنت - ومعسكرات تدريب المستجدين على البرمجة coding bootcamps؛ وهي دورات تدريبية مكثفة وقصيرة، يتعلم فيها الدارسون أسس البرمجة الحاسوبية.

في دراسة تحليلية[9] أُجريت في عام 2016 على 1400 من المستفيدين من الدورات الضخمة المفتوحة عبر الإنترنت في كولومبيا، والفلبين، وجنوب أفريقيا، توصل الباحثون إلى أن 80% من الطلاب كانوا ينتمون إلى بيئات منخفضة الدخل، أو متوسطة الدخل، وأن 41% منهم كانوا لا يجيدون سوى مهارات الكمبيوتر الأساسية فقط. كان أكثر من نصف عدد الدارسين (56%) من الإناث، وكان موضوع علوم الحاسب هو الأكثر شعبية من بين الدورات الضخمة المفتوحة عبر الإنترنت. تقول ماريا جاريدو، المشارِكة في وضع التقرير الخاص بكلية المعلومات في جامعة واشنطن: "إن النساء تنخرطن بالفعل في الدورات الضخمة المفتوحة عبر الإنترنت في المناطق التي يعانين من ضعف تمثيلهن فيها"، (انظر: «العودة إلى قاعة الدرس»).

العودة إلى قاعة الدرس

كشفَت دراسة استقصائية أُجريت في عام 2016 على الأشخاص الذين حصلوا على دورات ضخمة مفتوحة عبر الإنترنت (MOOCs) في كولومبيا، وجنوب أفريقيا، والفلبين، أن معظم الطلاب لديهم وظائف، أو يدرسون بدوام كامل، ويتطلعون إلى اكتساب مهارات محددة، وشهادات لأماكن العمل.



غير أن جودة تلك البرامج يمكن أن تتباين بشدة، ولم يخضع منها للتقييم الدقيق إلا قلة قليلة. ويمكن أن تكون معسكرات تدريب المستجدين على البرمجة باهظة التكلفة، وتتطلب استثمارات كبيرة في الوقت، كما أنها توجد أساسًا في البيئات التكنولوجية والحضرية. ولذا تبقى هناك فجوات في الإنجازات؛ ففي دراسة[10] أُجريت في عام 2015 على أكثر من 67 ألف طالب من الملتحِقين بالدورات الضخمة المفتوحة عبر الإنترنت، وجد باحثان من جامعة ستانفورد أن الطلاب من كلا الجنسين، الذين ينتمون إلى قارات أفريقيا، وآسيا، وأمريكا اللاتينية، كان من غير المرجح وصولهم إلى محطات رئيسة معينة في تلك الدورات، مثل مشاهدة أكثر من 50% من المحاضرات، كما كانوا يحصلون على درجات أقل من أقرانهم من الطلاب الذكور، ومن الطلاب والطالبات، القادمين والقادمات من أمريكا الشمالية، وأوروبا، ودول أوقيانوسيا.

وحتى أولئك الذين يتمُّون دورات كاملة في المهارات الرقمية، يظلون يواجهون مجموعة متنوعة من المعوقات التي تَحُول دون توظيفهم. فعندما أجرى الباحثون مقابلات شخصية مع الطلاب في برنامج كيني لتقنية المعلومات بجامعة ستراثمور في نيروبي في عام 2004، قال بعض الطلاب إنهم كانوا قلقين بشأن التخرج في اقتصاد محليّ، لا يقدِّر خبراتهم، ولا يتيح لهم وظائف يمكنهم فيها استخدام تلك المهارات والخبرات[11]. تقول لينيت يارجر، خبيرة المعلومات بجامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك، والمشارِكة في البحث: "كان ذلك ينطبق بالأخص على النساء". وتقول إحدى الطالبات: "لأنني امرأة، ربما لا يفكر أصحاب الأعمال في أنه يجب عليهم مَنْحِي وظيفة للعمل في تكنولوجيا المعلومات. ولذا ربما لا تتاح لي الفرصة كاملة على الإطلاق لاستخدام كل ما تعلمتُ القيام به، أو العمل الذي أرغب في أدائه".

ومن بين الأمور التي يوضحها البحث بالفعل أنه حتى البرامج التدريبية المصمَّمة بشكل جيد، ربما لا تكون كافية لضمان النجاح في عالَم العمل الرقمي. تقول جاريدو: "إن حقيقة أنك تمتلك مهارات أفضل، وتعرف كيف تستخدم جهاز كمبيوتر لا تعني بالضرورة أن بإمكانك الحصول على وظيفة جيدة على نحو تلقائي. فالمهارات الرقمية جزء مهم من اللغز، ولكنها ليست كافية بمفردها". ■

إميلي أنثِيز صحفية علمية، تعيش في مدينة نيويورك.

1. Esteva, A. *et al. Nature* **542,** 115–118 (2017).
2. Frey, C. B. & Osborne, M. *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?* (Univ. Oxford, 2013); available at http://go.nature.com/2wpgywa
3. Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189 (OECD, 2016); available at http://doi.org/cdmj
4. Lehdonvirta, V., Barnard, H., Graham, M. & Hjorth, I. Internet, Policy & Politics Conference 2014: Crowdsourcing for Politics and Policy, Oxford, 25–26 September 2014; available at http://go.nature.com/2xczyhg
5. Gray, M. L., Suri, S., Ali, S. S. & Kulkarni, D. in *Proc. 19th ACM Conf. on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing* 134–147 (2016); available at http://doi.org/cdtt
6. Yin, M., Gray, M. L., Suri, S. & Vaughan, J. W. in *Proc. 25th Int. Conf. on World Wide Web* 1293–1303 (2016); available at http://doi.org/cdtw
7. Fletcher, J. D. & Morrison, J. E. *Accelerating Development of Expertise* (Institute for Defense Analyses, 2014); available at http://go.nature.com/2kjdfuk
8. Fletcher, J. D. *Digital Tutoring in Information Systems Technology for Veterans: Data Report* (Institute for Defense Analyses, 2014).
9. Garrido, M. *et al.* 'An examination of MOOC usage for professional workforce development outcomes in Colombia, the Philippines, & South Africa' (Univ. Washington Inf. Sch. 2016); available at http://go.nature.com/2xej1s9
10. Kizilcec, R. F. & Halawa, S. in *Proc. Second (2015) ACM Conference on Learning@ Scale* 57–66 (2015); available at http://doi.org/cdt3
11. Kvasny, L., Payton, F. C., Mbarika, V. W., Amadi, A. & Meso, P. *IEEE Trans. Educ.* **51,** 256–261 (2008).

SOURCE: REF. 9 (HTTP://GO.NATURE.COM/2YFAPWC)

هل يؤثِّر الفقر على الدماغ؟

دراسة غير مسبوقة في بنجلاديش يمكن أن تكشف عن تأثير عوامل معينة، مثل سوء التغذية، وتدني مستوى الرعاية الصحية، وغيرهما من التحديات، على نمو الأطفال.

كارينا ستورز

في أواخر ستينات القرن العشرين، بدأ فريق من الباحثين في توزيع مكمِّل غذائي على الأُسَر التي تضم أطفالًا صغارًا في المناطق الريفية من جواتيمالا. كان الباحثون يختبرون فرضية أن توفير قدر كافٍ من البروتين في السنوات القليلة الأولى من عمر الطفل كفيل بتقليل حالات نقص النمو.

وقد صدق حدسهم؛ فالأطفال الذين أخذوا المكمِّلات الغذائية زاد طولهم بمعدل من سنتيمتر واحد إلى سنتيمترين، مقارنة بالأطفال في المجموعة الضابطة. ولم تقتصر الفوائد على ذلك فحسب؛ بل إن الأطفال الذين تلقوا تغذية إضافية حققوا نتائج أفضل في اختبارات القراءة والمعلومات عندما بلغوا سن المراهقة، وعندما عاد الباحثون في أوائل العقد الأول من الألفية، كانت النساء اللاتي تلقين المكملات الغذائية في الأعوام الثلاثة الأولى من حياتهن قد وصلن إلى مراحل أكثر تقدمًا في التعليم، بينما كان الرجال يحققون دخلًا أعلى[1].

يقول رينالدو مارتوريل - أخصائي تغذية الأم والطفل بجامعة إيموري في أتلانتا بولاية جورجيا، الذي قاد دراسات المتابعة: "لو لم تُجرَ مثل هذه المتابعات، لكانت تلك الدراسة قد طواها النسيان على الأرجح". ويضيف مارتوريل قائلًا إنه بدلًا من ذلك، جَعَلَت النتائجُ مؤسسات مالية - مثل البنك الدولي - تنظر إلى التدخلات المبكرة في مجال التغذية على أنها استثمارات طويلة الأجل في صحة البشر.

ومنذ البحث الذي أُجريَ في جواتيمالا، ربطت جميع الدراسات التي أُجريت بدول مختلفة حول العالم - مثل البرازيل، وبيرو، وجامايكا، والفلبين، وكينيا، وزيمبابوي - بين ضعف النمو، أو عدم اكتماله لدى الأطفال الصغار، وحصول هؤلاء الأطفال على درجات منخفضة في الاختبارات الإدراكية، وضعف التحصيل الدراسي[2].

أخذت الصورة تتكون ببطء، وتوضح أن قِصَر القامة الشديد في سن مبكرة هو علامة على ظروف سيئة - مثل سوء التغذية، وحدوث نوبات إسهال منتظمة – ومؤشر على حالات القصور العقلي والوفاة. وليست حالات نقص النمو جميعها - التي تُقَدَّر بحوالي 160 مليون طفل على مستوى العالم - مرتبطة بتلك النتائج السيئة. وفي الوقت الراهن، يعكف الباحثون على فك الارتباط بين النمو الجسدي والعصبي. فهل سوء التغذية هو المتهم الوحيد؟ وماذا عن الإهمال العاطفي، أو الأمراض المُعدية، أو غيرها من المشكلات؟

تتصدر شهرية حافظ كاكون الخطوط الأمامية في هذا النضال، في محاولة للإجابة عن تلك الأسئلة في الأحياء الفقيرة بمدينة دكَّا، عاصمة بنجلاديش؛ حيث يصاب ما يقرب من 40% من الأطفال بنقص النمو عند بلوغهم سن الثانية. تتولى كاكون - بحكم عملها كمسؤولة طبية في «المركز الدولي لبحوث أمراض الإسهال» في بنجلاديش، الذي يقع في العاصمة دكَّا - قيادة الدراسة الأولى من نوعها على الإطلاق لتصوير الدماغ للأطفال المصابين بنقص النمو. تقول كاكون: "إنها فكرة جديدة للغاية في بنجلاديش أنْ نقوم بإجراء دراسات تصوير الدماغ".

وتُعَدّ تلك الدراسة من البحوث الجديدة والمبتكرة من نواحٍ أخرى أيضًا. فقد حظيت الدراسة بتمويل من مؤسسة «بيل وميليندا جيتس» في سياتل بواشنطن، كما تُعَدّ من أولى الدراسات التي تبحث في كيفية استجابة دماغ الأطفال الرضع والصغار في دول العالم النامي للشدائد والمِحَن. كما تبشر

SMITA SHARMA FOR *NATURE*

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

طفل يخضع للتخطيط الكهربائي للدماغ في دكًّا؛ لقياس النشاط الكهربائي للمخ.

الدراسة بتقديم معلومات أساسية مهمة عن النمو والأداء الإدراكي في مرحلة الطفولة المبكرة.

أجرت كاكون وزملاؤها فحوصًا واختبارات بأشعة الرنين المغناطيسي (MRI) على أطفال يبلغون من العمر شهرين وثلاثة أشهر، وحددوا مناطق الدماغ التي تكون أصغر حجمًا لدى الأطفال المصابين بنقص النمو، مقارنة بالأطفال الآخرين. كذلك يَستخدِم الباحثون حاليًّا اختبارات أخرى، مثل «التخطيط الكهربائي للدماغ» (EEG).

ووفق ما يقول بنجامين كروكستون، وهو عالِم في مجال الصحة بجامعة بريجهام يونج في بروفو بولاية يوتا الأمريكية، وقاد الدراسات التي أُجريت في بيرو وغيرها من الدول ذات الدخل المنخفض، والتي أفادت بوجود ارتباط بين ضعف النمو، والعوائق الإدراكية، فإنه "من المحتمل أن يكون تصوير الدماغ مفيدًا بحق"، كوسيلة لرؤية ما يدور في أدمغة هؤلاء الصغار.

الظلال الممتدة لمشكلة التقزم

في عام 2006، أعلنت «منظمة الصحة العالمية» WHO عن إجراء دراسة موسعة؛ لقياس أطوال وأوزان الأطفال ما بين وقت الميلاد، وسن الخامسة، وذلك في البرازيل، وغانا، والهند، والنرويج، وعُمان، والولايات المتحدة[3]. أظهرت النتائج أن الأطفال الأصحاء الذين يحصلون على تغذية جيدة في شتى أنحاء العالم يتبعون مسارًا متشابهًا للغاية في النمو، كما وضعت الدراسة علامات مرجعية للنمو غير الطبيعي. قررت منظمة الصحة العالمية أنه يمكن تعريف نقص النمو بأنه يتضمن انحرافين معياريين تحت متوسط القامة لسن معينة. قد يبدو ذلك الفارق ضئيلًا، ففي عمر 6 أشهر، تُعتبر الطفلة مصابة بنقص النمو، إذا كان طولها 61 سنتيمترًا، مع أن ذلك الطول أقصر بما يقل عن 5 سنتيمترات من المتوسط.

ساعدت العلامات المرجعية على رفع درجة الوعي بالتقزم. وينطبق ذلك التعريف في كثير من البلدان على أكثر من 30% من الأطفال دون سن الخامسة، بل تزيد تلك النسبة في دول معينة، مثل بنجلاديش، والهند، وجواتيمالا، ونيجيريا عن 40%. وفي عام 2012، كان الاتفاق المتزايد في الرأي بشأن آثار التقزم بمثابة دافع لمنظمة الصحة العالمية للتعهد بخفض عدد الأطفال تحت سن الخامسة المصابين بنقص النمو بنسبة 40% بحلول عام 2025.

ومع أن المسؤولين الرسميين بدأوا في اتخاذ إجراءات بهذا الصدد، فقد أدرك الباحثون أن ثمة فجوات خطيرة في بروتوكولات التعرف على المشكلات ذات الصلة بالتقزم. اعتمدت الكثير من دراسات نمو الدماغ على اختبارات الذاكرة، والكلام، وغيرها من الوظائف الإدراكية، التي لا تتناسب مع الأطفال الصغار جدًّا. يقول مايكل جورجييف، طبيب أمراض الأطفال واختصاصي علم نفس الأطفال بجامعة مينيسوتا في مينيابوليس: "لا يمتلك الأطفال ذخيرة سلوكية كبيرة". وإذا تحتم على الآباء والأطباء الانتظار حتى يلتحق الأطفال بالمدارس، لملاحظة أية فروق أو اختلافات، فعلى الأرجح سوف يكون قد فات الأوان على التدخل.

وهنا تبرز أهمية الدراسة التي تجريها كاكون. يبلغ طول الباحثة 163 سنتيمترًا، وهي بذلك لا تُعَدّ طويلة القامة بالمقاييس الغربية، ولكنْ في شقتها السكنية الصغيرة التي حولتها إلى عيادة في دكًّا - حيث تعمل - تتفوق كاكون على معظم زميلاتها في الطول. وفي صباح أحد الأيام مؤخرًا، كانت كاكون بصحبة إحدى الأمهات، التي كانت قد اتصلت بها هاتفيًّا في منتصف الليل، لأن ابن تلك السيدة كان مصابًا بالحمى. وقبل أن تقوم كاكون بفحص الصبي، سألت الأم عن أحوال الأسرة، وعن أحوال الصبي في المدرسة، مثلما اعتادت أن تفعل. لهذا يلقِّب كثيرٌ من الآباء كاكون بلقب «أَبَا» *apa*، وهي كلمة بنغالية تعني «الأخت الكبرى».

منذ ما يقرب من خمسة أعوام، بدأت «مؤسسة جيتس» في الاهتمام بتتبُّع نمو الدماغ لدى الأطفال الصغار الذين يعيشون في ظروف بالغة الصعوبة، خاصة في ظل نقص النمو، وسوء التغذية. كانت المؤسسة في السابق تقوم بدراسة استجابات الأطفال للقاحات في عيادة كاكون. وكان لارتفاع معدل التقزم – بالإضافة إلى الروابط القوية التي جمعت بين فريق العمل والمشاركين - دور كبير في توطيد الاتفاق وتمويل المؤسسة للدراسة.

ولكي تخرج تلك الدراسة إلى النور، قامت المؤسسة بإنشاء وسيلة اتصال بين فريق دكًّا، وتشارلز نيلسون، عالِم الأعصاب وطب الأطفال بمستشفى بوسطن للأطفال وكلية الطب بجامعة هارفارد في ماساتشوستس. كان نيلسون يتمتع بخبرة كبيرة في التصوير الدماغي، إلى جانب خبرته بالمعاناة التي يواجهها الأطفال. ففي عام 2000، استهل نيلسون دراسة لتتبُّع نمو الدماغ لدى الأطفال الذين نشأوا وتربوا في ظل ظروف قاسية في ملاجئ دولة رومانيا. ورغم أن الأطفال قد تَوَفَّر لهم المأكل والمأوى، فإنهم تقريبًا لم يحظوا بأي نوع من التحفيز، أو التواصل الاجتماعي، أو الدعم العاطفي؛ وقد عانى كثير منهم من مشكلات إدراكية طويلة الأجل.

كشفت أبحاث نيلسون أن أدمغة هؤلاء الأيتام تحمل علامات على الإهمال. وأظهر التصوير بالرنين المغناطيسي أنه عند بلوغ سن الثامنة كانت مناطق المادتين الرمادية والبيضاء ذات الصلة بالانتباه واللغة أقل حجمًا لدى هؤلاء الأطفال، مقارنة بأقرانهم الذين نشأوا مع أُسَرهم الطبيعية[4]. كذلك نجح بعض هؤلاء الأطفال الذين غادروا الملاجئ إلى بيوت التبنِّي في سن مبكرة في الإفلات من بعض تلك النقائص[5].

أمّا الأطفال في دراسة دكًّا، فقد نشأوا وتربوا بصورة مختلفة تمامًا، حيث تحيط بهم المناظر والأصوات والأُسَر الممتدة التي تعيش جميعها - في الغالب - معًا في أحياء ضيقة. ويقول نيلسون إن الحال هنا "على النقيض مِن وَضْع أطفال يستلقون في أَسِرَّتهم وهم يحدقون طوال اليوم في سقف أبيض".

على أن الأطفال البنجلاديشيين يتعرضون بالفعل لنقص الغذاء، وسوء الرعاية الصحية. ولم يكن الباحثون قد اكتشفوا من قبل آثار تلك الظروف على نمو الدماغ. وثمَّة دراسات تصوير دماغي للأطفال الذين ينشأون ويتربون في حالة من الفقر، الذي قد يكون سببًا لسوء التغذية[6]، وللتقزم بالمثل. ولكن تلك الدراسات ركزت - في الأغلب الأعم - على المناطق ذات الدخل المرتفع، مثل الولايات المتحدة الأمريكية، وأوروبا، وأستراليا. وبغضّ النظر عن مدى الفقر الذي يعيش فيه أطفال تلك المناطق، فإنّ معظمهم تتوفر لديه بعض الأطعمة المغذية، والمياه النظيفة، والمَرافق الصحية، حسبما يقول نيلسون. أما أطفال الأحياء الفقيرة في دكًّا، فيعيشون ويلعبون حول قنوات الصرف المكشوفة. يقول نيلسون: "هناك الكثير والكثير من الأطفال مثل أطفال دكًّا في شتى بقاع العالم؛ ونحن لم نعرف شيئًا عنهم على مستوى الدماغ".

علامات على البؤس

مع بداية عام 2015، كان فريق نيلسون والباحثون البنجلاديشيون قد حَوَّلوا العيادة المتواضعة في دكًّا إلى مختبر عصري حديث. أما بالنسبة إلى أجهزة التخطيط الكهربائي للدماغ الخاصة بهم، فقد كان عليهم أن يجدوا لها غرفة بلا أسلاك في الجدران، وبدون أجهزة لتكييف الهواء؛ حتى لا يحدث تداخل يؤثر على قدرة الأجهزة على اكتشاف نشاط المخ.

كذلك أنشأ الباحثون أيضًا غرفة لـ«التحليل الطيفي الوظيفي بالأشعة تحت الحمراء القريبة» fNIRS، الذي يرتدي الأطفال خلاله شريطًا من المجسّات على الرأس، يقوم بقياس تدفق الدم في الدماغ. يوفر ذلك الأسلوب معلومات عن نشاط الدماغ، تشبه تلك المستقاة عن طريق التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي، ولكنه لا يتطلب جهازًا ضخمًا، ولا يتحتم على الأطفال أن يظلوا ساكنين بلا حراك. استُخدم أسلوب التحليل الطيفي الوظيفي بالأشعة تحت الحمراء القريبة مع الرضع منذ أواخر تسعينات القرن العشرين، ويكتسب الأسلوب حاليًّا زخمًا في البيئات ذات الدخل المنخفض.

كذلك يقوم الباحثون حاليًّا بإجراء عمليات التصوير بالرنين المغناطيسي في مستشفى قريب من العيادة. وقام العلماء حتى الآن بعمليات مسح ضوئي لاثني عشر رضيعًا مصابين بنقص النمو في سن يتراوح بين شهرين وثلاثة أشهر. وعلى غرار الأطفال الأيتام في رومانيا، والأطفال الذين ينشأون في بيئات فقيرة في الدول المتقدمة، كانت المادة الرمادية لدى هؤلاء الأطفال أقل حجمًا، مقارنة بمجموعة تضم 20 رضيعًا من غير المصابين بالتقزم. يقول نيلسون إنه "من السيئ للغاية" رؤية تلك الفروق والاختلافات في سن مبكرة، لكنْ من العسير معرفة المناطق المصابة لدى هؤلاء الأطفال الصغار، ولكنّ

صِغَر حجم المادة الرمادية ارتبط بإحراز نتائج سيئة في اختبارات اللغة والذاكرة البصرية في سن ستة أشهر.

خضع حوالي 130 طفلًا في دراسة دكًّا لاختبارات التحليل الطيفي الوظيفي بالأشعة تحت الحمراء القريبة في سن 36 شهرًا، ورأى الباحثون أنماطًا مميزة من النشاط الدماغي لدى الأطفال المصابين بالتقزم، ويعانون من ظروف سيئة أخرى. وكلما ازداد الأطفال قِصَرًا، ازداد النشاط الدماغي لديهم، استجابةً لصور وأصوات المثيرات غير الاجتماعية، مثل الشاحنات؛ في حين ازدادت استجابة الأطفال الأطول قامةً للمثيرات الاجتماعية، مثل وجوه النساء. ويقول نيلسون إنّ هذا قد يكون إشارة لحدوث تأخيرات في العملية التي مِن خلالها تصبح مناطق الدماغ متخصصة في أداء مهام معينة.

SMITA SHARMA FOR *NATURE*

كشف تخطيط كهربية الدماغ EEG عن نشاط كهربائي أقوى لدى الأطفال المصابين بنقص النمو، إضافة إلى طائفة من الموجات الدماغية، التي تعكس حل المشكلات والاتصال بين مناطق الدماغ. كانت تلك بمثابة مفاجأة للباحثين، لأن الدراسات التي أُجريت على الأطفال الأيتام والفقراء اكتشفت تراجعًا في النشاط بوجه عام7. يمكن أن يعود ذلك التفاوت إلى اختلاف أنواع المِحَن التي يواجهها الأطفال في دكًّا، ومنها انعدام الأمن الغذائي، وحالات العدوى، والأمهات المصابات بمعدلات عالية من الاكتئاب.

يحاول فريق نيلسون حاليًّا تحليل أنواع الشدائد التي تبدو الأكثر مسؤولية عن الاختلافات في نشاط الدماغ بين أطفال دكًّا. فهناك ارتباط شديد بين الإشارات الكهربائية المتزايدة في اختبارات التخطيط الكهربائي للدماغ، وارتفاع مؤشرات الالتهاب في الدم، الأمر الذي ربما يعبر عن درجة أعلى من التعرض لمُسَبِّبات الأمراض المعوية.

وإذا ثبتت صحة ذلك التفسير مع اختبار المزيد من الأطفال، فيمكن أن يشير ذلك إلى أهمية تحسين الرعاية الصحية، والحدّ من حالات العدوى المعدية والمعوية، ومِن الممكن أن يتضح أن اكتئاب الأمهات مرتبط بشدة بنمو الدماغ، وفي تلك الحالة، يمكن أن يكون تقديم المساعدة للأمهات بالقَدْر نفسه لأهمية ضمان حصول أطفالهم الرضع على تغذية جيدة. يقول نيلسون: «لا نعرف الإجابات بعد».

وصل المشاركون الذين تم اختبارهم في عمر 36 شهرًا إلى سن خمس سنوات تقريبًا في الوقت الحالي، ويستعد الفريق حاليًّا لأَخْذ بعض قياسات المتابعة. سوف تعطي تلك القياسات فكرة عما إذا كان الأطفال قد استمروا في المسار نفسه الخاص بنمو الدماغ، أم لا، حسبما يقول نيلسون. كذلك سوف يقدِّم الباحثون للأطفال البالغين خمس سنوات من العمر اختبارات لمعدل الذكاء، واختبارات الاستعداد للالتحاق بالمدرسة؛ للوقوف على قدرة القياسات السابقة على التنبؤ بالأداء المدرسي.

أساس أفضل

من بين التحديات التي تواجه مثل هذه الدراسات أن الباحثين لا يزالون يحاولون استنباط كيف يبدو النمو الطبيعي للدماغ. وقبل أن تبدأ دراسة دكًّا ببضع سنوات، تأهب فريق من الباحثين البريطانيين والجامبيين للقيام باختبارات التخطيط الكهربائي للدماغ والتحليل الطيفي الوظيفي بالأشعة تحت الحمراء القريبة على الأطفال في المناطق الريفية من جامبيا أثناء أول عامين من حياتهم. حظيت تلك الاختبارات بالتمويل أيضًا من مؤسسة جيتس. وكما في دراسة دكًّا، ينظر الباحثون في كيفية ارتباط نمو الدماغ بمجموعة من المعايير، بما فيها التغذية، والتفاعل بين الآباء وأطفالهم. وأثناء الدراسة، يحاول الباحثون تحديد مسار موحَّد لوظائف الدماغ لدى الأطفال[8].

تتعرض «مؤسسة جيتس» ومعاهد الصحة الوطنية الأمريكية لضغط كبير من أجل تحديد صورة النمو الطبيعي للدماغ، حسبما يقول دانيل ماركس، عالِم الأعصاب وطب الأطفال بجامعة أوريجون للصحة والعلوم في بورتلاند، وأحد مستشاري المؤسسة. ويضيف ماركس: "هذا يعكس فحسب مدى خطورة المشكلة".

ويقول جيف موراي - نائب مدير الاكتشاف والعلوم التحويلية في «مؤسسة جيتس» - إنه من بين الآمال المعقودة على دراسة دكًّا، والدافع من وراء تمويلها، أنْ تكشف عن أنماط واضحة في أدمغة الأطفال، تستطيع التنبؤ بالنتائج السيئة في مرحلة لاحقة من الحياة، ويمكن استخدامها لاكتشاف ما إذا كانت عمليات التدخل ناجحة، أم لا.

إنّ أيّ تدخُّل يجب أن يشمل التغذية على الأرجح، كما يقول مارتوريل. ويقوم مارتوريل وزملاؤه في الوقت الراهن بإجراء دراسة متابعة أخرى للقرويين في جواتيمالا؛ لمعرفة ما إذا كانت معدلات الإصابة بأمراض القلب والسكري قد انخفضت لدى هؤلاء الذين حصلوا على مكمِّلات بروتينية قبل سن السابعة، بعد مرور أربعين عامًا، أم لا. ولا يُرجَّح أن تكون التغذية وحدها كافية؛ سواء لمنع التقزم، أم لتعزيز النمو المعرفي الطبيعي، كما يقول مارتوريل. فحتى يومنا الحاضر، أسهمت أكثر التدخلات الغذائية نجاحًا في التغلب على ما يقرب من ثلث مشكلة نقص الطول المعروفة. كذلك يمكن أن تكون تلك البرامج مكلفة للغاية؛ ففي دراسة جواتيمالا، على سبيل المثال، أنشأ الباحثون مراكز خاصة لتوفير المكملات الغذائية.

وعلى الرغم من ذلك، يسعى الباحثون جاهدين لتحسين عمليات التدخل. وتخطِّط مجموعة مشارِكة في دراسة اللقاحات في بنجلاديش حاليًّا لاختبار المكملات على النساء الحوامل، على أمل تعزيز وزن المواليد، والمحافظة على نموهم بشكل سليم في العامين الأولين الحاسمين من عمرهم. ويخطِّط تحميد أحمد - كبير مديري التغذية والخدمات الإكلينيكية بمركز بحوث أمراض الإسهال - لإجراء تجربة على الأغذية، مثل الموز، والحمص؛ وذلك في محاولة لتعزيز نمو البكتيريا المعوية المفيدة لدى الأطفال البنجلاديشيين، الذين تتراوح أعمارهم بين 12، و18 شهرًا. فتَوَفُّر مجتمع بكتيري صحي يمكنه أن يقلل من تأثُّر الأمعاء بحالات العدوى التي تتداخل مع امتصاص المواد الغذائية، والتي تزيد من الالتهاب داخل الجسم.

وفي نهاية المطاف، لا يتعلق الأمر بما إذا كان الأطفال مصابين بنقص النمو، أو حتى كيف تبدو أدمغتهم؛ بل يتعلق بما ستبدو عليه حياتهم عندما يتقدمون في السن. وتسعى دراسات - مثل دراسة دكًّا - جاهدة للمساعدة في معرفة مدى جدوى عمليات التدخل، على أن يكون ذلك عاجلًا، وليس آجلًا. يقول موراي: "إذا كان علينا الانتظار حتى يبلغ الأطفال سن الخامسة والعشرين، لكي نرى ما إذا كانوا سيحصلون على وظيفة، أم لا، فقد يستغرق الأمر منك 25 عامًا لإجراء كل دراسة من تلك الدراسات". ■

كارينا ستورز كاتبة حرة، تعيش في نيويورك سيتي. وقد قام «مركز بوليتزر للإبلاغ عن الأزمات» بتوفير الدعم اللازم للسفر لكتابة هذا الموضوع.

1. Martorell, R, Melgar, P, Maluccio, J. A., Stein, A. D. & Rivera, J. A. *J. Nutr.* **140,** 411–414 (2010).
2. Crookston, B. T. *et al. Matern. Child Nutr.* **7,** 397–409 (2011).
3. WHO Multicentre Growth Reference Study Group *Acta Paediatr.* **95** (Suppl. 450), 76–85 (2006).
4. Sheridan, M. A., Fox, N. A., Zeanah, C. H., McLaughlin, K. A. & Nelson, C. A. III *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **109,** 12927–12932 (2012).
5. Bick, J. *et al. JAMA Pediatr.* **169,** 211–219 (2015).
6. Pavlakis, A. E., Noble, K., Pavlakis, S. G., Ali, N. & Frank, Y. *Pediatr. Neurol.* **52,** 383–388 (2015).
7. Marshall, P. J., Fox, N. A. & BEIP Core Group *J. Cogn. Neurosci.* **16,** 1327–1328 (2004).
8. Lloyd-Fox, S. *Sci. Rep.* **4,** 4740 (2014).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بلوتوبيا: المدينة البحرية الفاضلة

كيف يمكن لخطة طموحة تهدف إلى بناء دول اصطناعية منعزلة أن يَنْتُج عنها إنشاء مختبَر لعلم البيئة، وللتكنولوجيا، ولنماذج تجريبية من الحكومة.

إما ماريس

المشهد خلاب بشكل ليس له مثيل؛ فعن اليمين نرى جبالًا بركانية شديدة الانحدار، مكسوة بالخَضَار، ترتفع وسط بساتين جوز الهند المتاخمة للشاطئ. وعن اليسار يتلألأ المحيط الهادئ باللون الفيروزي تحت أشعة شمس الظهيرة. هنا، في هذه البحيرة في تاهيتي، تخطط مجموعة من رواد الأعمال لبناء جزيرة اصطناعية: ثلاثة أرباع هكتار من المنازل العائمة، ومساحات إجراء البحوث، مكوَّنة من منصّات متصلة ببعضها البعض. وإذا ما نجح الفريق؛ قد تصبح هذه الرؤية حقيقة واقعة بحلول عام 2020، لكنها ستكون مجرد خطوة أولى، كما يقول جو كويرك، «المولع بالبحار»، كما يصف نفسه. والهدف النهائي هو بناء دول كاملة السيادة في عرض البحر، تتكون من وحدات نموذجية عائمة على سطح الماء.

يقول كويرك: "تتمتع بولينيزيا الفرنسية بكافة المقومات اللازمة لإنجاح الفكرة: من بحيرات، وجُزُر مرجانية، ومياه ضحلة مجاورِة لمياه أكثر عمقًا".

كويرك هو واحد من خمسة مديرين للشركة الداعمة للمشروع، ويقترح زملاؤه أن تُستخدَم الجُزُر الاصطناعية كمختبرات؛ لاختبار تقنيات جديدة، واستكشاف بِنى اجتماعية مختلفة، أو أن تُستخدم كقوارب نجاة للسكان الساحليين المشرَّدين بسبب ارتفاع مستوى البحر.

أسس معهد Seasteading «سيستيدنج» - غير الربحي - المهندس السابق لدى شركة «جوجل»، باتري فريدمان، في عام 2008. وقد حاز على دعم أشخاص مؤثرين في العوالم المتصلة بـ«وادي السيليكون»، والسياسات التحررية، ومهرجان الصحراء المسموح فيه بكل شيء «برنينج مان» Burning Man. إلا أن غالبية التقارير الإعلامية كانت متشكِّكة في الأمر. فقد وُصف المشروع بأنه مجرد حلم "شخصين لديهما مدونة، ويحبّان آين راند"[1]، و"سبيل لاختراق الحكومة، ممزوج بتصوُّر مذهب المصير الحتمي، يسود عليه طابع فيلم «عالم الماء» *Waterworld*"[2].

حقق كل من المعهد، والشركة الربحية المنبثقة حديثًا «بلو فرونتيرز» Blue Frontiers بعض الإنجازات الحقيقية خلال العام الماضي. فقد وَقَّعا مع حكومة بولينيزيا الفرنسية في شهر يناير على مذكرة تفاهم، تضع الأساس لإنشاء النماذج الأولية الخاصة بهما. كما اكتسبا زخمًا في مؤتمر للأطراف المهتمة في تاهيتي في شهر مايو الماضي، حضره المئات من البشر. وتَحَوَّل تركيز المشروع من بناء واحة تحررية إلى استضافة تجارب لأنماط الحوكمة، وعرض مجموعة متنوعة من التقنيات المستدامة لعدة أهداف، من بينها تحلية المياه، وإنتاج الطاقة المتجددة، وإنتاج المواد الغذائية العائمة. وأعطى هذا التحول المشروع مزيدًا من الجدية، وأبدى بعض علماء البيئة اهتمامًا بإمكانية إنشاء مختبرات عائمة تعمل بدوام كامل.

وما زال المشروع يواجه تحديات هائلة؛ فعلى الفريق أن يقنِع شعب بولينيزيا الفرنسية بأن الجُزُر الاصطناعية سوف تفيدهم؛ وعليهم جمع أموال كافية لبناء النموذج الأولي، الذي يقدِّرون تكلفته بمبلغ يصل إلى 60 مليون دولار أمريكي. وحالما يتم بناؤه، سيكون على المجموعة أن تقنِع العالَم بأنّ الجُزُر الاصطناعية العائمة ليست مجرد وسيلة لجذب الانتباه، فإنتاج أبحاث علمية موثوق بها، وتقنيات مفيدة على نطاق واسع سيكون ضروريًّا لإثبات ذلك.

يقول وينيكي سيدج، رئيس المجلس الاقتصادي والاجتماعي والثقافي في بولينيزيا الفرنسية في تاهيتي، الذي كان قلِقًا من هجرة العقول من بلاده: "حلمنا أن يصبح هذا البناء مختبرًا علميًّا".

الناحية الجمالية

بدأت تصميمات نموذج الجزيرة الأولي في الظهور، ويُعتبر مظهرها عنصرًا أساسيًّا ضمن استراتيجية العلاقات العامة الخاصة بشركة «بلو فرونتيرز». لا تتناغم خطط الشركة الحالية كليًّا مع الفن التصوري الظاهر على الموقع الإلكتروني لمعهد «سيستيدنج»، الذي يتأرجح في العديد من ملامحه بين نمط حانة «تيكي»، ومهرجان «تومورولاند». وقد عمل بارت روفين - "أحد رواد مجال المياه" في شركة التصميمات الهولندية «بلو21» في دلفت - على وضع خطط جديدة تتناسب مع المساحات الطبيعية، ومع الثقافة.

يقول روفين: "نحن نعمل مع مصممين من تاهيتي؛ لإنتاج شيء لا يبدو كغزو غريب". ويخطِّط تحديدًا لأَخْذ أفكار من فن بناء السفن البولينيزي. فإن الزوارق الأنيقة ذات الركائز الممتدة، المسماه *va'a* باللغة التاهيتية، التي يستخدمها سكان الجُزُر، ثابتة وخفيفة؛ وشبيهاتها العابرة للبحار هي القوارب التي كان يجدِّف بها الرحالة التاهيتيون، الذين اكتشفوا هاواي، ونيوزيلندا حوالي عام 1100 م. كما سيتم ترتيب المنصّات المتصلة، بحيث تضمن عدم تغطية الشعاب المرجانية الموجودة تحتها كليةً بالظل، وعدم قتلها. فالهدف هو - في الواقع - توسيع الموائل الحاضنة لأنواع الشعاب المرجانية (انظر: «مستوطنو البحار في الجنة»).

لم يفصح الفريق عن معلومات مباشرة حول التمويل. فقد قام بيتر ثيل - مؤسس شركة «باي بال» Paypal، الذي كان في وقت ما مؤيِّدًا لدونالد ترامب - بتوفير مبلغ 1.7 مليون دولار لمعهد «سيستيدنج»، إلا أن آخِر مرة أسهَم فيها في المشروع كانت في عام 2014، كما يحرص المستثمرون الأحدث على البقاء بعيدًا عن الأضواء. يقول كويرك إنّ بحوزتهم "مبلغًا جيدًا" من المال اللازم لبدء المشروع، وهم يستعدون لما يُطلق عليه "لطرح الأوليّ للعملة"، وهو آلية استثمار تَستخدِم "تشفير العملة الرقمي". وتأمل الشركة في المستقبل أن تدر عوائد، عن طريق تأجير مساحات على الجزيرة، والقيام بدور استشاري لغيرها ممن قد يصبحون ذات يوم من بُناة الجُزُر. وإلى جانب توظيف كويرك وأربعة مديرين آخرين، قامت شركة «بلو فرونتيرز» بتعيين عشرة أفراد في طاقم العمل، وكلَّفت بإجراء دراسات بيئية، وقانونية، واقتصادية حول تأثيرات المشروع على المستثمرين، وعلى الحكومة.

السؤال "لماذا؟"، الذي يتبادر إلى أذهان الجميع بشأن التوطين البحري، يجيب عليه كل

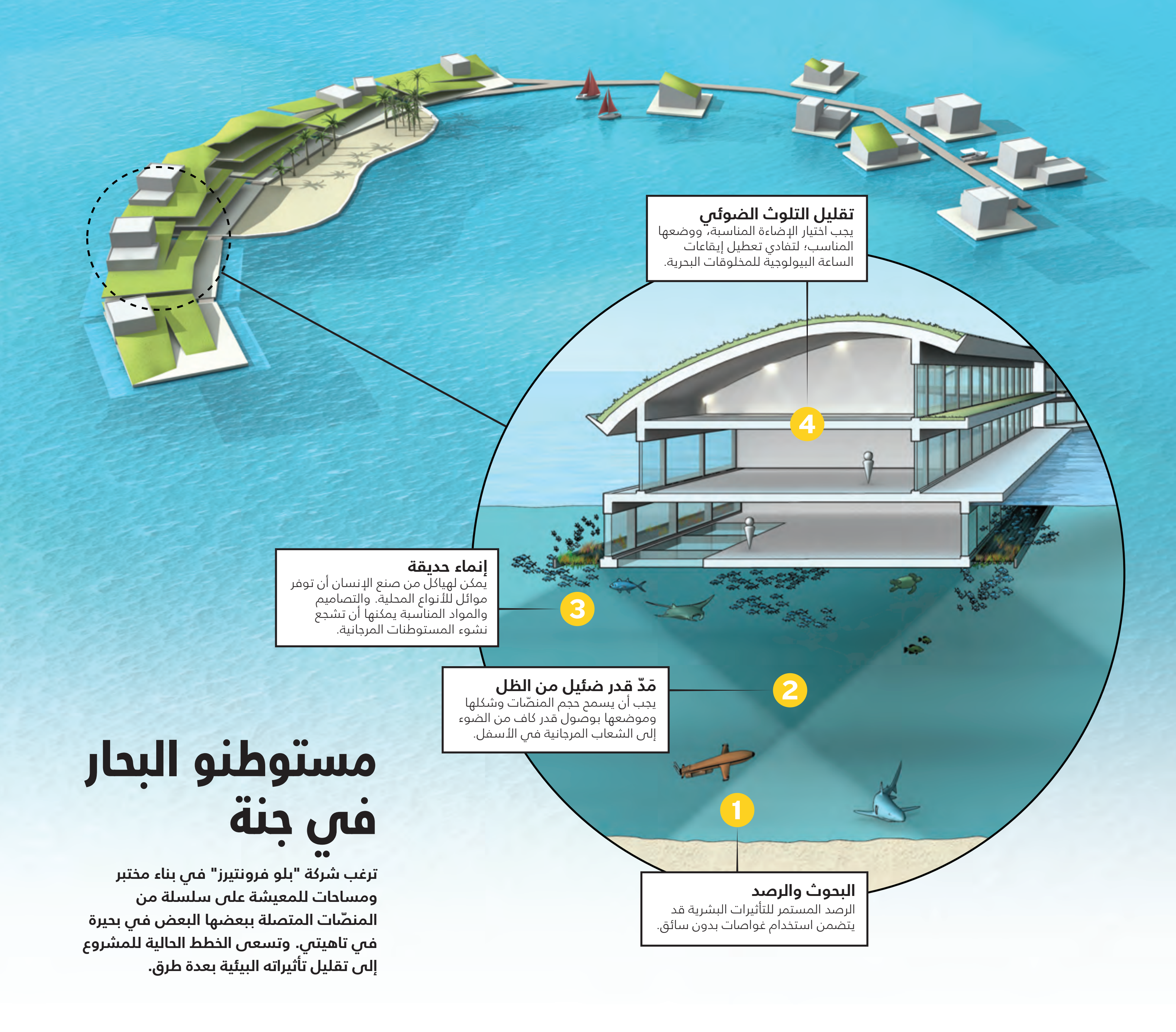


ILLUSTRATION BY EMILY COOPER

مستوطنو البحار في جنة

ترغب شركة "بلو فرونتيرز" في بناء مختبر ومساحات للمعيشة على سلسلة من المنصّات المتصلة ببعضها البعض في بحيرة في تاهيتي. وتسعى الخطط الحالية للمشروع إلى تقليل تأثيراته البيئية بعدة طرق.

المعنيين بشكل مختلف؛ فبعضهم مبهور بالمشروع، لاعتباره حجة للارتقاء بالتصميمات المستدامة. وبالنسبة إلى الأشخاص المقيمين على الجُزُر المنخفضة، فإنها تبدو لهم كقارب نجاة. وقد أخبر فيليكس توكوراجي - عمدة ماكيمو، وهي جزيرة مرجانية في أرخبيل تواموتو في بولينيزيا الفرنسية - شركة «بلو فرونتيرز» أنه مهتم بالمشروع. فقد سبق أن شهدت جُزُر تواموتو فيضانات واسعة النطاق، ويساور توكوراجي القلق مِن أنْ يصبح شعبه من اللاجئين، بسبب التغير المناخي. ويقول: "نحن مرتبطون بجزيرتنا المرجانية، ومرتبطون بثقافتنا. لسنا ضد الفكرة، إذ تستطيع هذه التقنية التصدي للمشكلات التي نواجهها".

وبالنسبة إلى آخرين، تتلخص أهم دوافع المشروع في الاستقلالية، والاكتفاء الذاتي، خاصة فيما يتعلق بالحوكمة؛ فأيّ شخص يرى أن النمط السياسي لجزيرته لا يناسبه، بإمكانه أن ينفصل، ويغادر إلى نظام آخر يفضله.

وبالنسبة إلى عالِم واحد على الأقل ممن يقدمون استشارات للمشروع، وهو نيل ديفيس، المدير التنفيذي لمحطة ميدانية تابعة لجامعة كاليفورنيا في بيركلي على جزيرة موريا المجاورة، فإنّ عامل جذب الجزيرة ينبع من كونها قاعدة للبحوث قد "تملأ الفجوة بين السفن المختصة ببحوث المحيطات والمختبرات البحرية الساحلية". فالسفن تكون عائمة على الماء، لكنها "باهظة الثمن"، كما يقول، ولا تبقى في أماكنها. أما المختبرات الساحلية، فبإمكانها جمْع سلاسل زمنية طويلة من البيانات في مكان واحد، لكنها لا تتيح الوصول إلى المياه الأكثر عمقًا. ويحلم ديفيس «بمحطات بحرية» عائمة، تتيح الوصول منخفض التكلفة طويل المدى إلى المحيط، من أجل إجراء البحوث، خاصة للطلاب في دول المناطق الاستوائية، "حيث تكون الأنظمة الطبيعية هناك من بين الأنظمة الأكثر حساسية للأنشطة البشرية"، حسب قوله. وقد تتضمن التجارب تعديل مستوى الحموضة (مُقَاسًا بالرقم الهيدروجيني pH)، أو درجة الحرارة في أقسام صغيرة من شعبة مرجانية؛ لمحاكاة الظروف البيئية المستقبلية، و"زرْع" شعاب مرجانية مختلفة؛ لمعرفة أيها سيزدهر أكثر من غيره في المستقبل. كما يمكن جمع البيانات باستخدام أجهزة استشعار، وكاميرات شبه دائمة، إلى جانب الجمْع المعتاد للعيِّنات البيولوجية.

ويرى بعض العلماء غير المعنيين بالمشروع كذلك أن المبدأ ذو قيمة. يقول روس بارنس، القائم على العمليات البحرية في المركز البحري بجامعة هاواي في هونولولو، والمشرف على سفينتين بحثيتين ضخمتين، ومختبرات على الشاطئ: "إذا كانت لديك جزيرة عائمة، وأردتَ إجراء دراسات طويلة الأمد، فهذه طريقة مثالية لذلك". تُجْرِي الجامعة بحوثًا في بقعة بالمحيط، تُطْلِق عليها اسم محطة «ألوها» ALOHA، زارها العلماء 300 مرة تقريبًا بالقوارب منذ عام 1988. ويقول إن المنصة العائمة ستوفر للعلماء إمكانية أن يتركوا خلفهم بعض المُعِدّات، بل وبإمكان بعضهم البقاء هناك كذلك، وهو ما يسمح بإجراء القياسات بشكل مستمر. يقول بارنس: "إنها فكرة جيدة".

وحاليًّا، يقدم ديفيس الاستشارة لمستوطني البحار حول اختيار الموقع، واختيارات التصميمات الموافِقة للبيئة. كما أنه يخطط لمساعدتهم على توثيق أداء التركيب، باستخدام أجهزة استشعار تقيس أشياء معينة، مثل نفقات الطاقة، ومدى توليد المخلفات على المنصّات، إلى جانب درجة حرارة المياه، وجودتها. وهو يراها فرصة تعليمية عظيمة للطلاب الكثيرين الذين يزورون محطته. ويقول: "يثير التوطين البحري العديد من القضايا الاجتماعية، والقانونية، والأخلاقية، والبيئية، حتى لو لم يؤد إلى أي شيء".

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يعتمد نجاح مستوطني البحار هؤلاء في إحراز تقدم على ما إذا رحّبت بولينيزيا الفرنسية بتولّي دعم المشروع، أم لا؛ وهي بمثابة "مجموعة جزر وراء البحار"، تنتمي إلى دولة فرنسا، وتتمتع بدرجة كبيرة من الاستقلال، وتأوي 287 ألف شخص، موزعين على 67 جزيرة منتشرة عبر منطقة تقترب مساحتها من مساحة أوروبا. مِن جانبٍ، قد يَلْقَى مشروع عائم ضخم كهذا استحسان أمة من الرحالة وبناة السفن؛ إلا أن بولينيزيا الفرنسية سبق أن خربتها مشروعات علمية وتقنية كبيرة. فقد أُجْرَت فرنسا 193 اختبارًا نوويًّا على ممتلكاتها البولينيزية، العديد منها في الغلاف الجوي، وذلك بين عامي 1966، و1996. وفي فبراير عام 2016، أقر الرئيس الفرنسي آنذاك فرانسوا هولاند بأن الاختبارات أضرت بالبيئة وصحة الإنسان. ويعجّ المكان بالمشروعات التي توقفت، والفنادق المغلقة.

ومن جانبها، تقول بولين سيلنجر، المتخصصة في التنمية المستدامة باتحاد «تي أورا ناهو» Te Ora Naho للجماعات البيئية في بولينيزيا الفرنسية، التي انضمت إلى فريق العمل بشركة «بلو فرونتيرز» هذا العام، وتقوم كذلك بتدريس الرقص التاهيتي: "لدينا سجل حافل بالمواقف التي تم التعامل معنا فيها باعتبارنا مغفلين؛ من اختبارات نووية، وفنادق ضخمة، إلى أشخاص لطفاء مبتسمون أذكياء من ذوي البشرة البيضاء، يخبروننا أن الأمر سيصبّ في مصلحتنا".

إنّ حَذَرهم يصدّه احتياجهم البائس إلى منابع دَخْل جديدة، حسب قول سيدج. وبعد إنهاء الاختبارات النووية، بدأت فرنسا في دفع مبلغ من المال لبولينيزيا الفرنسية، يزيد على 100 مليون دولار أمريكي كل عام، تعويضًا عن الدخل الذي خسرته بسبب الأنشطة العسكرية. وفي عام 2016، تم خفض المبلغ، بينما لم تتعاف الإيرادات من قطاع السياحة منذ تضرُّره بسبب الركود الاقتصادي الذي كان في عام 2008. وبفضل زيادة الاستقرار السياسي وعوامل أخرى، تحسنت الأوضاع منذ عام 2014، عندما كانت الجُزُر في أشد الحاجة إلى المال، حتى إنها كانت معرَّضة لخطر عدم القدرة على دفع رواتب الموظفين المدنيين بها، حسب قول سيدج، لكنها لا تزال تعتمد – بدرجة هائلة - على عدد قليل من مصادر الدخل؛ وهي السياحة، واللؤلؤ، وزيت جوز الهند.

«نحن نعمل لإنتاج شيء لا يبدو كغزو غريب».

وتبلغ نسبة البطالة 18% تقريبًا. يقول سيدج: "نحن نبحث عن أفكار جديدة، ونرحب حقًّا بأي أفكار، وأي مستثمرين".

وإن كان سيدج متشككًا، لكن على استعداد للمحاولة، فهناك من فاض بهم الكيل من أفكار المشروعات الضخمة، مِن بينهم زعيم ديني في تاهيتي، هو الأخ ماكسيم شان، الذي يرأس "جماعة 193" المُدافِعة عن المتضررين من الاختبارات النووية. كما يشغل شان منصب نائب رئيس اتحاد «تي أورا ناهو» (وبالصدفة المحضة يرأس سيدج هذه المنظمة). يقول شان إن صديقه القديم سيدج وبقية الحكومة "مبهورون" بالظهور المفاجئ لمستوطني البحار هؤلاء وأموالهم. ويتحدث عن مشروعات حديثة - من بينها منتجع سياحي، وبرنامج استزراع مائي، ومنتجع بيئي - تم الإعلان عنها كلها وسط ضجة إعلامية وآمال كبيرة لخلق وظائف، ليتم بعد ذلك إلغاؤها، أو تقليص حجمها، أو تعليقها لأجل غير مسمى. ويتمنى شان أن تقرّ الحكومة بأن متوسط مستوى المعيشة لمواطني تاهيتي قد تضخم بشكل مصطنع بفعل مدفوعات الاختبارات النووية، ويجب خفضه. كما يؤكد أن ذلك يمكن إتمامه بسهولة، عن طريق العودة إلى اقتصاد الكفاف الذي كان قائمًا قبل ستينيات القرن الماضي. ويقول: "الجمال في القليل".

تقع مسؤولية إقناع بولينيزيا الفرنسية بدعم المشروع – في المقام الأول - على عاتق مارك كولينز، وهو مدير آخَر بشركة «بلو فرونتيرز». وكولينز مواطن تاهيتيّ، يعيش هناك الآن، لكنه في بدايات تسعينيات القرن الماضي كان يعيش في «وادي السيليكون»، واستهواه الإيقاع السريع لثقافة الأفكار الضخمة، والفرص اللانهائية هناك. ومنذ ذلك الحين، أبقى على اتصاله بها، وكان ذلك من خلال الإبقاء على اشتراكه في مجلة «وايرد» *Wired*، إلى جانب أمور أخرى. وفي مايو عام 2015، نشرت المجلة ذات الغلاف اللامع - التي تتناول نمط الحياة الرقمي - خبرًا[3] يتناول الكيفية التي تنوي بها حركة التوطين البحري تقليص نطاق فكرتها الضخمة لأعالي البحار، مغيِّرةً وجهتها نحو المياه الضحلة الأكثر أمانًا، وباحثةً عن "حلول لخفض التكاليف داخل المياه الإقليمية للدولة المضيفة".

وعلى حد وصف كولينز - وهو رجل أعمال لسلسلة من المشروعات، انخرط في كل الصناعات الكبرى في بولينيزيا الفرنسية؛ من الفنادق، حتى اللؤلؤ الأسود، والاتصالات - فهو يرى في الأمر فرصة "لجلب بعض جينات وادي السيليكون إلى تاهيتي"، على حد قوله. انضمت تاهيتي إلى عالَم الإنترنت فائق السرعة في عام 2010، مع الانتهاء من تركيب كابل الألياف الضوئية تحت البحار، الذي يربطها بهاواي. ويُذكر أن تاهيتي لديها الكثير من البحيرات الهادئة، وتأتيها رحلات جوية يومية من لوس أنجيليس بكاليفورنيا، ويُحسب لها أنها تشتهر بكونها جنة على الأرض. ومن ثم، أرسل كولينز طلبًا على موقع «لينكدإن» للمدير التنفيذي لمعهد «سيستيدنج» راندولف هينكن.

أبدى القائمون على المعهد اهتمامًا بعرض كولينز، لكنهم أرادوا الحصول على لفتة داعمة رسمية أكثر من ذلك. وعليه، بدأ كولينز - الذي كان وزيرًا للسياحة في بولينيزيا الفرنسية في عامي 2007، و2008 - في إجراء اتصالاته بالحكومة. وبحلول شهر أغسطس الماضي، وَقَّع رئيس بولينيزيا الفرنسية، إدوارد فريتش، على خطاب رسمي، يدعو فيه القائمين على معهد «سيستيدنج» لعرض أفكارهم. وقام وفدٌ مكوَّن من تسعة أشخاص بتقديم العرض له في الشهر التالي. وبحلول شهر يناير، تم توقيع مذكرة تفاهم مع تعهدات بالتعاون.

الخطوة التالية لجعل حلم الجزيرة حقيقة واقعة ستكون تمرير قانون يحدد "المنطقة الاقتصادية الخاصة"، التي ستغطي الجزيرة الاصطناعية. لم تطلب شركة «بلو فرونتيرز» من بولينيزيا الفرنسية أيّ معونات لبناء الجزيرة، لكنها تطلب إعفاء كامل من الضريبة، إلى جانب استثناءات تنظيمية أخرى. وقد كلفت الشركة شركة GB2A الفرنسية - ومقرها باريس - للقيام بتجهيز البحوث القانونية، ومجموعة من الطلبات التي قدمتها شركة «بلو فرونتيرز» للحكومة في نهاية شهر سبتمبر الماضي. ويأمل الفريق أن يخرج مشروع قانون إلى النور قبل نهاية العام.

وفي الوقت ذاته، يقوم معهد «سيستيدنج» بجذب الاهتمام، وجذب المستثمرين المحتمَلين، من خلال سلسلة من اللقاءات. ففي شهر مايو الماضي، عَقَد المعهد محادثات، وفاعليات، وعمل جولات في تاهيتي. وكان من بين المتحدثين فريتش، وتوني شيي، المدير التنفيذي لمتاجر البيع بالتجزئة على شبكة الإنترنت «زابوس» Zappos في لاس فيجاس بنيفادا، وتوا بيتمان، المتمرس في ملاحة الزوارق، والمنتمِي إلى جُزُر كوك، ومهندسون، ومتخصصون في التكنولوجيا النانوية، و«واضع استراتيجيات قواعد البيانات المتسلسلة»، وهو متخصص في نظم المعلومات الموزعة، التي تقوم عليها العملات المشفرة. ويأمل مستوطنو البحار من المعهد أن يستخدموا هذه الأنظمة لتولِّي الأمور المالية، بالإضافة إلى أيّ بيانات علمية ينتجونها. ولم يقتصر الحدث على العمل فقط، فقد وُضع إعلان مرح يدعو إلى حفلة على الزوارق ذوات الركائز الممتدة، يقول: "لا ترتدي حذاء له كعب. أحضِرْ ملابس السباحة، من أجل سَبحة اختيارية على ضوء القمر".

كان من المقرر أن تعقِد شركة «بلو فرونتيرز» في الفترة من 22 إلى 29 أكتوبر الماضي ما أسمته «أسبوع اطّلاع المعنيين»، موجَّهًا إلى الداعمين والمستثمرين المحتملين، وشاملًا جولات، ونقاشات، وجلسات صباحية لممارسة اليوجا مع هينكن. كان الفريق الطموح دائمًا يأمل أن يكون بحلول ذلك الوقت قد حصل على مسودة للقانون من الحكومة البولينيزية، وبعض المخططات المعمارية المفصلة. وكان الهدف هو بدء تجهيز الأرض للبناء - أو بالأحرى تجهيز البحر - في عام 2018.

وبينما تتم كل هذه الأعمال خلف الكواليس، تبقى البحيرة هادئة إلى حد كبير. ففي أحد أيام شهر يوليو، كان المشهد كالتالي: بعض السكان المحليين يتنافسون في سباق لرياضة التجديف على الألواح وقوفًا، بينما هناك عائلات تلعب على الشاطئ، وتحتسي الشابّات الجعة، وأقدامهن في المياه، تضربها الأمواج. وعلى جانب الطريق، تُعرض أسماك التونة الطازجة للبيع. هذا، ويصعب تصوُّر إضافة أي تحسينات على هذا المكان.

سنعرف مع الوقت ما إذا كانت جزيرة مستوطني البحار هؤلاء ستصبح مأوى للبولينيزيين - الذين يواجهون ارتفاعات في مستويات البحار - وحاضنة للعلوم والأعمال البولينيزية، أم ستكون مجرد ساحة لعب للأجانب الأثرياء، الراغبين في تفادي القوانين المزعجة؛ هذا، إنْ تحققَتْ على أرض الواقع. ■

إما ماريس كاتبة في مجال البيئة، تعيش في كلاماث فولز، أوريجون.

1. Madrigal, A. 'Peter Thiel makes down payment on libertarian ocean colonies.' *Wired* (18 May 2008); available at http://go.nature.com/2xanqxx
2. Harkinson, J. 'My sunset cruise with the clever, nutty, techno-libertarian seasteading gurus.' *Mother Jones* (September/October 2012); available at http://go.nature.com/2khmvpx
3. Denuccio, K. 'Silicon Valley is letting go of its techie island fantasies.' *Wired* (16 May 2015); available at http://go.nature.com/2ferj2f

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تعليقات

SPENCER PLATT/GETTY IMAGES

قياس التنقلات العالمية للباحثين سيساعد على تقييم آثار الإجراءات السياسية على العِلْم.

يبلغ تأثير العلماء ذروته حين ينعمون بِحُرِّية التنقل

تقول **كاسيدي آر. سوجيموتو** وزملاؤها إن تحليلًا للتنقل العالمي للباحثين يُظْهِر أن تقييد حركة العلماء من شأنه أن يضرّ بالمنظومة العلمية بأكملها.

تنذِر الاضطرابات السياسية الأخيرة بحقبة تزداد فيها النزعة الانعزالية في ميدان العلوم، وهو الأمر الذي قد تكون له آثار سلبية خطيرة على التعاون البحثي، وقدرة العلماء على التنقل. ففي شهر سبتمبر الماضي، أصدر الرئيس الأمريكي دونالد ترامب حظر السفر الثالث خلال عام واحد، ليعلِّق دخول مواطني عدة دول إلى الولايات المتحدة، ويفرض قيودًا على تجديد تأشيرات كثيرين غيرهم. تسببت هذه الإجراءات في بقاء العلماء عالقين بالخارج، كما مَنَعَت مَن هم بداخل الولايات المتحدة مِن المشارَكة في أي فعاليات علمية دولية. وفي مارس الماضي، بدأت رئيسة الوزراء البريطانية تيريزا ماي رسميًّا إجراءات قطْع العلاقات مع الاتحاد الأوروبي. ونتيجة لذلك تواجه المؤسسات البحثية البريطانية احتمال حدوث هجرة جماعية للباحثين غير المقيمين، المنتمين إلى دول الاتحاد الأوروبي، ولذا ستحتم ◄

عليها التغلب على الكثير من العقبات، لتتسنَّى لها المشاركة في مشروعات التعاون الأوروبية، أو الحصول على تمويل لها. وإضافة إلى ذلك، فإن قائمة الدول التي تتخذ مثل هذه الإجراءات الانعزالية — وقائمة الإجراءات نفسها — آخذة في الازدياد.

ولتقييم آثار هذه الإجراءات السياسية، فنحن بحاجة إلى طُرُق أفضل لقياس قدرة الباحثين على التنقّل. فبرغم أن حجم وتركيبة القوة العاملة في مجال العلوم ثابتة إلى حدّ ما، وهو ما يتم التعرف عليه من خلال الاستقصاءات والسجلات المحلية[1]، فإن المعلومات المتوفرة عن وتيرة تنقُّل الباحثين، والوجهات التي يقصدونها، والشبكات التي يكوِّنونها، ومدى أهمية تحركاتهم على الأثر العلمي لعملهم أقل بكثير[2].

نستعرض هنا تحليلًا جديدًا، يستند إلى سجلات تضم 14 مليون ورقة بحثية، أعدّها قرابة 16 مليون شخص مميز، ونُشرت في الفترة ما بين عامي 2008، و2015. كشفت دراستنا أن حوالي 96% من الباحثين يرتبطون بجهة بحثية واحدة فقط؛ وقد صنفنا هؤلاء تحت بند "غير متنقِّلين"، بينما أدرجنا حوالي 4% (أكثر من 595 ألف باحث) تحت بند "المتنقِّلين"؛ بمعنى أنهم كانوا ينتمون إلى أكثر من جهة بحثية خلال تلك الفترة. وقد كشف تحليلنا عن نزعات مدهشة.

تفاعُل متسلسل

خلال فترة الدراسة، فقدت أوروبا وآسيا أعدادًا كبيرة من الباحثين، في حين اجتذبت أمريكا الشمالية أعدادًا هائلة منهم. وأعرب الكثير من المعلِّقين عن انزعاجهم من "استنزاف العقول"، أو "استقطاب العقول"، على افتراض أن البلدان المُستقطِبة تحصد نصيب الأسد من الثروة العلمية على حساب البلدان التي نشأ فيها هؤلاء العلماء، غير أن الواقع يبدو أكثر تعقيدًا من ذلك (انظر: «دوران العقول»).

وجدنا أيضًا أن أغلب العلماء لم يقطعوا صلتهم ببلادهم الأصلية، وإنما بنوا سلسلة من الانتماءات البحثية، ربطت البلدان ببعضها، فيما عاد الكثير من الباحثين إلى أوطانهم. وبناء عليه.. فإن "دوران العقول" ربما يمثل المصطلح الأنسب للإشارة إلى حركة العلماء المعاصرين[3].

وقد اضطلعت دول مختلفة بأدوار متباينة في دوران صفوة العلماء (أولئك الذين تحظى أبحاثهم بنِسَب اقتباس مرتفعة)، لكنْ بِغَضّ النظر عن أماكن وجود الباحثين، أو الدول التي يتوقفون بها خلال تنقُّلهم، أو الدول التي أتوا منها، فإنه في المتوسط تزيد معدلات اقتباس أعمال الباحثين المتنقلين بنسبة 40% عن الباحثين غير المتنقلين. ويتسبب غلق الحدود في تقييد حركة دوران هؤلاء العلماء المتميزين.

قصص عن المنشأ

تأخذ دراستنا بعين الاعتبار البلد المذكور عند إعلان الباحث عن الجهة البحثية التي ينتمي إليها لدى نشر ورقته البحثية الأولى، ونعدّ هذا البلد هو بلد النشأة العلمية (يجب عدم الخلط بين بلد النشأة العلمية، وبين بلد الميلاد). وبعد ذلك نتتبع ما إذا كان الباحث قد انتقل أو أضاف مؤسسات جديدة ينتمي إليها في بلدان أخرى على مدى السنوات الثماني التي تغطيها هذه الدراسة.

تركِّز الفكرة التقليدية عن التنقل على الباحثين المهاجرين؛ أي هؤلاء الذين بدأوا نشر أبحاثهم في بلد ما، ثم انتقلوا إلى بلد آخر، ثم قرروا في وقت ما قَطْع علاقتهم بالبلد السابق. وقد شكلت هذه المجموعة أقل من ثلث الباحثين المتنقلين في دراستنا (27.3%، أو 162,519 باحثًا). أما النسبة الأكبر، فكانت من نصيب مَن نُطْلِق عليهم مسمَّى "مسافرين"؛ وهم العلماء الذين يظلون على اتصال ببلدان نشأتهم العلمية طوال حياتهم المهنية، في الوقت الذي يضيفون فيه المزيد من الارتباطات البحثية الدولية لأنفسهم (72.7%، أو 433,375 باحثًا). وما يقرب من نصف هؤلاء المسافرين "لا ينتمون إلى جهة واحدة"؛ أي أنهم كانوا ينتمون إلى أكثر من جهة بحثية في السنة الأولى للنشر، ويحافظون على انتمائهم إلى هذه الجهات في كل سنة من سنوات النشر.

تَكْشِف شبكات الدوران التي ترصد أعداد الباحثين وتدفُّقهم عن أهمية دور الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة، وفرنسا، وكندا، وألمانيا كهمزات وصل بارزة في الشبكة العلمية العالمية. هذا، وسوف تترتب على انعزال هذه الدول عواقب وخيمة. ورغم أن المملكة المتحدة ليست لها صفة محورية بشكل خاص في هجرة الباحثين في نطاق دول الاتحاد الأوروبي، فإنها تؤدي دورًا بارزًا؛ إذ تمثل جسرًا يعبر عليه العلماء الأوروبيون إلى مناطق أخرى من العالم. وقد تتسبب السياسات الانعزالية التي تنتهجها المملكة المتحدة في تفكُّك هذه الشبكة على نحو يؤدي إلى إعادة توجيه العلماء عبر دول أخرى.

ويتجلى المزيد من الأنماط إذا نظرنا فقط إلى المهاجرين والمسافرين المنتمين إلى جهة واحدة ممن تنقَّلوا بين القارات وداخلها، ونشروا أول أبحاثهم في عام 2008، ونشروا ثماني ورقات بحثية على الأقل خلال فترة الدراسة. وبالطبع، يعني قصر فترة الدراسة أننا نركز على صغار العلماء، لكن الدراسة تتجنب الخلط بينهم وبين كبار العلماء الذين تختلف تحركاتهم وشبكاتهم على الأرجح.

«القدرة على التنقل تزيد، وتتعقد، وتتعرض لتهديدات متزايدة».

ضمّت هذه المجموعة 12,064 باحثًا، تملك أوروبا أكبر حصة منهم (35%)، تليها آسيا وأمريكا الشمالية بنسبة الربع تقريبًا من كل بلد منهما (انظر: «التنقلات»). وترتبط بين قارّتَي آسيا وأمريكا الشمالية علاقة وطيدة؛ إذ إن غالبية العلماء المتنقلين ممن تشير منشوراتهم الأولى في عام 2008 إلى انتمائهم إلى جهات بحثية بآسيا صارت لهم انتماءات بحثية في أمريكا الشمالية بحلول عام 2015، كما إن أكثر من ثلث العلماء المتنقلين من أمريكا الشمالية قد انتهى بهم المطاف في قارة آسيا. ويمكن تفسير هاتين النزعتين في ضوء الظاهرة الأساسية نفسها، المتمثلة في تدفق الطلاب الآسيويين إلى الولايات المتحدة (إذ ينشر بعضهم أبحاثه قبل وصوله إلى الولايات المتحدة، فيما ينشر آخرون أبحاثهم بعد ذلك)، وعودتهم لاحقًا إلى آسيا.

ونلاحظ أن أوروبا قد فقدت 22% من الباحثين، فيما فقدت آسيا 20%، وفي المقابل، حصدت أمريكا الشمالية حوالي 50%. وشكَّل العلماء الأوروبيون أكبر نسبة من العلماء المتنقِّلين في كل بلد تقريبًا، باستثناء البلدان الآسيوية التي تستقطب أغلب باحثيها من أمريكا الشمالية (انظر: «تبادل العلماء»).

ومن المثير للاهتمام أيضًا معرفة مدى مسؤولية بلدان معينة عن تقديم باحثين ذوي تأثير مرتفع، ورعايتهم؛ وهو ما يمكننا تقييمه عبر مراجعة نتائج الاقتباسات للباحثين المتنقلين، قبل انتقالاتهم وبعدها (انظر: «مخطط التنقل»).

وتُعَدّ الدول الواقعة في أمريكا الشمالية وشمال أوروبا من أقوى الدول المنتِجة للباحثين؛ فهذه الدول تستثمر في الباحثين المتنقِّلين الذين تحظى أعمالهم بنِسَب اقتباس كبيرة قبل تَنَقُّلهم. كذلك فإن الدول نفسها متميزة في الرعاية؛ إذ تتعرف على المواهب مبكرًا، وتوفِّر أرضًا خصبة للعلماء؛ لتحقيق أثر كبير فور وصولهم. كذلك فإن المناطق الآسيوية متميزة في الاستقطاب؛ إذ تجتذب إليها باحثين مرموقين، تحظى أعمالهم بنِسَب اقتباس مرتفعة، حتى قبل وصولهم. وتُعرف منطقة أوقيانوسيا بقدرتها على احتضان العلماء؛ إذ ينتسب إليها علماء يدركون ما لديهم من إمكانات هائلة، فور انتقالهم إليها.

يميل بعض مسارات الهجرة للارتباط بالعلماء الذين تحظى أعمالهم بأرقام اقتباس كبيرة. ويميل العلماء من أمريكا الشمالية ممن يحققون أعلى تأثير إلى الانتقال إلى شمال وغرب أوروبا، وبنسبة أقل إلى جنوب شرق آسيا. أما العلماء المتنقِّلون ذوو الأثر الكبير ممن ينتمون إلى شمال أوروبا، فتستقطبهم دول جنوب أوروبا؛ بينما تستقطب أوقيانوسيا وشرق آسيا العلماء المتنقلين ذوي الأثر الكبير ممن ينتمون إلى غرب أوروبا.

ويُنْتِج العلماء المتنقلون المنتمون إلى أوقيانوسيا أعمالًا بحثية ذات أثر كبير، حين يصلون إلى أمريكا الشمالية وجنوب أوروبا. أما العلماء الذين ينتمون إلى وسط وغرب آسيا (ومنهم علماء الدول التي حظرت الإدارة الأمريكية السفر إليها)، فقد حققوا أعلى معدلات اقتباس في الأبحاث التي أجروها في أمريكا الشمالية وأوروبا. ومن المرجح أن يتسبب حظر دخول العلماء المنتمين إلى هذه الدول إلى نزوح العلماء المتميزين إلى دول أخرى.

وبِغَضّ النظر عن المنطقة.. فإن عملية التنقل بين الجهات البحثية تؤثر بالإيجاب فيما يتعلق بالاقتباسات. ففي كل المناطق، يحظى العلماء المتنقلون بنِسَب اقتباس أعلى لأبحاثهم، مقارنة بنظرائهم من الباحثين غير المتنقلين. وتتفاوت الميزة حسب المنطقة؛ إذ يحظى العلماء المتنقلون من أمريكا الشمالية بنسبة اقتباس تزيد فقط بمقدار 10.8% على زملائهم غير المتنقِّلين، لكنْ في حالة علماء شرق أوروبا المتنقلين، يبلغ الفارق 172.8%.

معايير التنقل

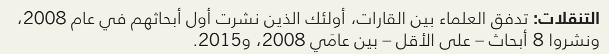
بالطبع تعاني طريقتنا من بعض أوجه القصور؛ إذ لا يمكننا الجَزْم بأن «بلد المنشأ الأكاديمي» يمثل بلد المَوْلِد، أو التدريب الأكاديمي، أو التوظيف الأكاديمي؛ فهي – أي طريقتنا - تبين فحسب متى بدأ الباحث في نشر الأبحاث. فإذا كان الباحثون من بعض الدول يفضِّلون عدم النشر في البداية في دورية مفهرسة في قاعدة بيانات «شبكة العلوم»، فإن معاييرنا ستقلل من قدر التنقل من هذه الدول. كما أن هؤلاء الذين يُعَدُّون "غير متنقلين"ربما يكونون «على وشك التنقل»؛ ما يعني أنهم لم ينتقلوا بعد. وإضافة إلى ذلك.. فإن فحص أوراق بحثية خلال فترة أقل من العقد من الزمن، والتركيز على المقالات المنشورة في دوريات، ووضْع قيود على عدد من المنشورات قد ينطوي على تحيُّز إلى مجالات معينة في التحليل. كذلك فإن دراستنا لا تنظر إلى معدلات التنقل داخل كل دولة؛ ففي حالة البلدان الكبرى، مثل الولايات المتحدة، قد تكون لهذه المعلومات دلالة كبيرة.

وتبدو هناك حاجة ماسة إلى مؤشرات تَنَقُّل، تسهِّل مقارنتها على المستوى الدولي، فيما يخص العاملين

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

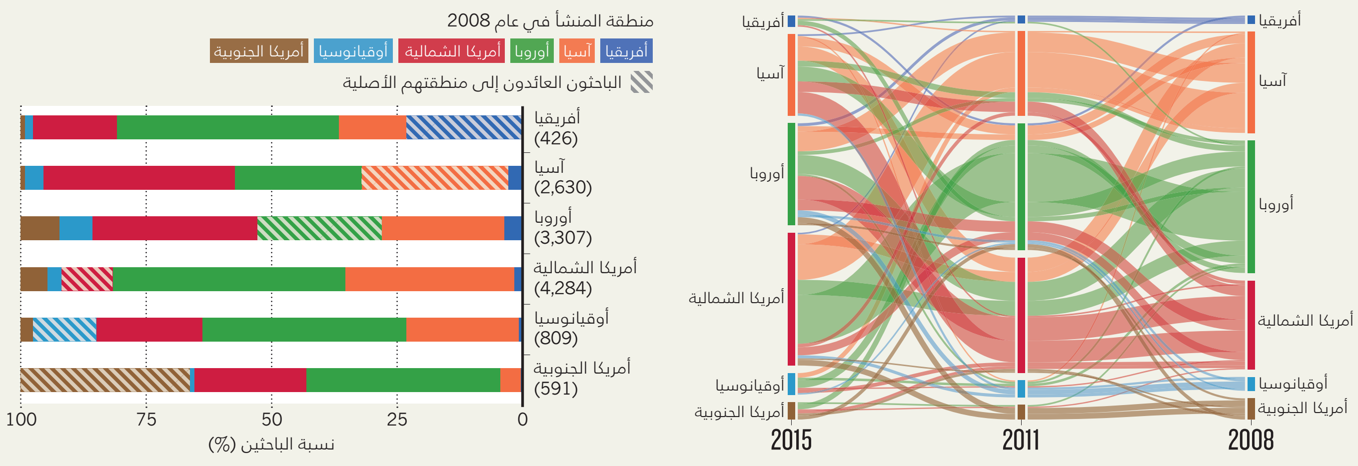
دوران العقول

الدول صاحبة أقوى الأنظمة العلمية تدرّب الباحثين المتميزين، وتحتفظ بهم، وتجتذبهم. أما الدول التي تملك أنظمة أقل قوة، فتحقق أكبر تأثير لها باستقطاب العلماء الراسخين، أو رعاية مَن يلاحقون النجاحات الكبيرة في أماكن أخرى. لذا.. فإن السياسات التي تقيّد القدرة على التنقل تضر بالمنظومة العلمية ككل.

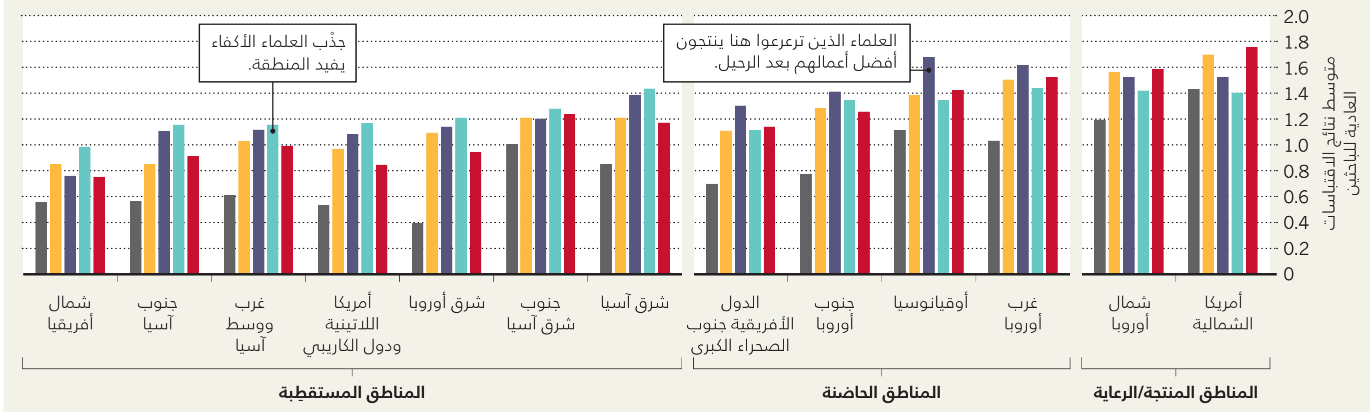


التنقلات: تدفق العلماء بين القارات، أولئك الذين نشرت أول أبحاثهم في عام 2008، ونشروا 8 أبحاث – على الأقل – بين عامَي 2008، 2011، و2015.

تبادل العلماء: نسبة العلماء المتنقلين، الذين انتهى بهم المطاف في مناطق مختلفة في 2015.



مخطط التنقل: معدلات الاقتباسات للعلماء المتنقلين تُعَدّ في المتوسط أكبر بكثير من الاقتباسات لنظرائهم من غير المتنقلين؛ لكنّ مكان تجميع الاقتباسات يَعتمِد على الأماكن التي قَدِم منها الباحثون، والدول التي توقفوا فيها أثناء تنقلهم، والبلاد التي يذهبون إليها.



في ميدان العلوم، لا سيما في حقبة يزيد فيها التنقل، ويتعقَّد، ويتعرض لتهديدات متزايدة. إننا بحاجة إلى مؤشرات توفِّر تقييمات أكثر دقة وديناميكية عن عملية تبادُل رأس المال البشري، وأثر ذلك التبادل على الاقتصاد المعرفي، خاصة أن "المسافرين" - في تحليلنا - يمثلون غالبية العلماء المتنقلين. وتوفِّر هذه الدراسة نقطة بداية.

قد يحتجّ البعض بأن التعاون يمكن أن يستمر، حتى في حالة تقييد التنقل، لكنْ برغم التقدم الكبير في الحوسبة، فإن التعاون غالبًا ما يبدأ ويستمر من خلال التفاعلات الشخصية[4]. وهكذا، فإن تقييد القدرة على التنقل قد يؤثر بالسلب على المنظومة العلمية التي تعتمد - على نحو متزايد - على التعاون الدولي[5].

إن إحداث خلل بالشبكة العلمية القائمة ستكون له آثار خطيرة على الكثير من الدول، ومن بينها الدول الأكثر إنتاجًا ورعاية للعِلْم، مثل الولايات المتحدة، فالولايات المتحدة تستفيد كثيرًا من مركزيتها في شبكة المعرفة العالمية، ومن الاستثمارات التعليمية من الدول الأخرى، كما إن إسهاماتها الرائعة هي - بدرجة كبيرة - من صنع باحثين وُلِدوا بالخارج، وتعلموا بالخارج[6]. كذلك فإن الانعزال قد يضر بالدول المستفيدة من دور الولايات المتحدة في الرعاية؛ فهي تستثمر في باحثين يَفِدون من آسيا، ومن دول أخرى، ثم يعودون إلى أوطانهم.

وثمة دول قد تجني بعض فوائد هذا؛ فالانعزالية التي تمارسها الدول المركزية قد تتمخض عنها مكاسب لدول أخرى منافِسة. على سبيل المثال، ارتفعت نسبة طلبات التقدم إلى الدراسات العليا في كندا، منذ تولِّي الإدارة الأمريكية الجديدة سدة الحُكم (انظر: go.nature.com/2fjc4i)، لكن إذا لم تتوفر القدرات العلمية الكافية في هذه الدول الأخرى، فإن الموهبة العلمية لن تحظى بالرعاية التي تحظى بها الآن. وإذا توفرت لدينا معايير ببليومترية دقيقة لقياس أثر التنقل، يمكننا أن نختبر آثار هذه التغيرات السياسية في العقود القادمة.

وثمة أمر واضح بالفعل، فالعلماء المتنقِّلون عالميًّا يمثلون أقلية، إلا أنهم أصحاب التأثير الأكبر حول العالم. ومن ثم، فإن تقييد حركة العلماء سيضر بالمنظومة العلمية بأكملها. ■

كاسيدي آر. سوجيموتو أستاذ مساعد في علم المعلومات بجامعة إنديانا في بلومنجتون بالولايات المتحدة، وهي أستاذ زائر في مركز دراسات العلوم والتكنولوجيا بجامعة لايدن في مدينة لايدن بهولندا.

Nicolas Robinson-Garcia, Dakota S. Murray, Alfredo Yegros-Yegros, Rodrigo Costas, .Vincent Larivière

البريد الإلكتروني: sugimoto@indiana.edu

1. Organisation for Economic Co-operation and Development. *The Global Competition for Talent: Mobility of the Highly Skilled* (OECD, 2008); available at go.nature.com/2wpaxf
2. Moed, H. F., Aisati, M. & Plume, A. *Scientometrics* **94,** 929–942 (2013).
3. Gaillard, J. & Gaillard, A. M. *Sci. Technol. Soc.* **2,** 195–228 (1997).
4. Wagner, C. S. *The New Invisible College* p.69 (Brookings Institution Press, 2008).
5. Adams, J. *Nature* **497,** 557–560 (2013).
6. Stephan, P. E. & Levin, S. G. *Popul. Res. Policy Rev.* **20,** 59–79 (2001).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



PRIVATE COLLECTION/BRIDGEMAN IMAGES

مكتب داروين في منزله «داون هاوس» في كنت، حيث كان يكلف أفراد أسرته بمساعدته في أبحاثه.

تطور

داروين واكتشافاته المنزلية

يعرب **هنري نيكولز** عن تقديره لكتاب يتناول كيف أصبح منزل عالِم الأحياء الشهير بمثابة مختبر للتجارب العلمية المذهلة.

أحتفظُ على القرص الصلب في جهاز الكمبيوتر الخاص بي بمجلد يحمل عنوان «داروين في منزله». يتضمن المجلد إطارًا عامًّا لكتاب أردتُ دومًا أن أخطه بقلمي عن التجارب - الغريبة أحيانًا، والعبقرية غالبًا - التي كان تشارلز داروين يجريها في منزله المعروف باسم «داون هاوس» في إنجلترا في غمار حياة أسرية صاخبة. لقد جنبني عالِم الأحياء التطورية (وأمين صندوق «تشارلز داروين تراست») جيمس كوستا ذلك العناء؛ فكتابه «الفناء الخلفي لمنزل داروين» *Darwin's Backyard* يتضمن احتفاءً حماسيًّا، ولكنه متوازن بهوس العالِم الكبير - الذي عاش في العصر الفيكتوري - بالبحث والتقصي طيلة حياته، وكيف أن الحقول والمروج المحيطة بمنزله كانت نسخة مصغرة من عالَمنا الكبير.

هناك أسباب كثيرة تدعو إلى الإعجاب بالبرنامج البحثي لداروين، الذي استمر لمدة 40 عامًا. بداية، هناك النطاق الواسع لاهتماماته، من عيِّنة حماسه الشديد للكيمياء في أيام الدراسة (الذي أكسبه لقب «غاز»)، والدراسة الرصدية التي أجراها لمدة ثمانية أعوام على البرنقيل؛ من أجل صقل مهاراته التصنيفية، وتجاربه العلمية بشأن قدرة البذور على البقاء حية؛ لتسليط الضوء على أنماط توزيع الأنواع. بل كان هناك ما هو أكثر من ذلك بكثير، بداية من تشريح الحياة الجنسية المعقدة بشكل مذهل للنباتات المزهرة، التي تيسرها الحشرات، إلى فكرة طرح "الخيال"، (تكاثر الحَمَام)، كوسيلة لتمثيل قوة الانتخاب، ودراسة أسلوب حركة النباتات، إلى جانب مشروع استمر لمدة أربعة عقود؛ للكشف عن تحريك التربة السحري، الذي تقوم به ديدان الأرض.

«الفِناء الخلفي لمنزل داروين»: كيف قادت تجارب صغيرة إلى نظرية كبيرة
جيمس ت. كوستا
دار نشر دابليو. دابليو. نورتون، 2017

يخصص كوستا كل فصل من فصول الكتاب لخيط مختلف من عمليات داروين الاستقصائية، مع ترتيبها حسب التسلسل الزمني بشكل تقريبي، ولكنه يتنقل في عجالة ما بين المشروعات أيضًا، فيعكس كيف كان داروين - في أغلب الأحيان - يُجرِي الكثير منها في آن واحد. في وقت ما من خمسينات القرن التاسع عشر (العقد الذي انتهى بنشر كتابه «أصل الأنواع»)، كان داروين يحتفظ ببيض ضفادع في صالة المنزل، وبذور في القبو، وأقدام بط تتدلى من قفص تربية الحلزون، وزهور مُشرَّحة أسفل الميكروسكوب، وقطع أراض مسيَّجة في حديقة المنزل، وبضع حَمَامات في برج حَمَام منزلي الصنع.

هناك كثير من الأمور التي تستحق الإعجاب في أخلاقيات العمل الخاصة بداروين. فعلى الرغم من المرض الغامض الذي أصابه، بعد عودته من رحلته على متن السفينة «إتش إم إس بيجل»، التي استمرت من عام 1831، حتى عام 1836، كان داروين فضوليًّا بلا كلل، ولا ملل، وكان ينهمك في مسألة أو أخرى بدرجة من الهوس، وذلك حتى وفاته في عام 1882. كان داروين مبدعًا شديد الإبداع، حيث كان يبتكر تصميمات تجريبية بسيطة، ولكنها عبقرية، مثل «حديقة الأعشاب»، وهي تجربة كشفت عن معدلات الوفاة غير العادية في الطبيعة، ومن ثم عن الصراع المرير من أجل البقاء. وكان داروين يتمتع بعقلية متفتحة، فعندما اقترح ابنه فرانسيس، ذو السنوات الثماني، أن البذور من الممكن نقلها عبر المحيطات في جثة طائر ميت يطفو على الماء، ضحَّى داروين بحمامة من برج الحمام لديه، ووضعها في حوض مليء بالماء المالح لمدة شهر. في وقت لاحق، نمت البذور الموجودة في جثة الطائر «بشكل مذهل».

يكشف كوستا أن داروين في جميع مساعيه تقريبًا كان يُظهِر نوعًا من "المثابرة". فعلى سبيل المثال، عندما كان يبحث في التكاثر الجنسي لنبات عود الريح الأرجواني (*Lythrum salicaria*)، الذي يمكن أن يمتلك واحدًا من ثلاثة أنواع من الزهور، كان يصنع كل تهجين ممكن؛ لتسجيل الاختلافات في الخصوبة. كان داروين يمتلك أيضًا شخصية مرحة، فعلى سبيل المثال، عندما كان يتفحص "أماكن الطنين" الخاصة بالنحل الطنان (التي اكتشف فيما بعد أنها مواقع يقوم فيها ذكور النحل بإطلاق الفرمونات)، جَنَّد أبناءه لرسم خريطة برحلات تلك الحشرات. وفيما بعد، وصف ليونارد - الذي كان يبلغ من العمر أربعة أعوام حينذاك - التجربة بأنها لعبة كان فيها "أبي يلهو مثل صبي وسط أقرانه من الصبية". يشيد كوستا بإنسانية داروين، بدون الانجراف إلى تقديس الشخصية.

يَكشِف هوس داروين بأمر "التجريب" الكثيرَ عن كيفية تطبيق العلوم بشكل جيد. فجميع عملياته البحثية تقريبًا بدأت بملاحظة متفتحة، كان يقوم من خلالها بصياغة أسئلة. لقد كان الإلهام يأتيه من مصادر متنوعة، مثل المؤلفات العلمية، والملاحظة، وشبكة الهواة والمحترفين، التي كان داروين يراسل أفرادها بصفة منتظمة. كان داروين ينشد العديد من الأدلة المكمِّلة. ففي بحثه عن نبات الندية الآكل للحوم (*Drosera rotundifolia*)، على سبيل المثال، خرج داروين بالعديد من التنبؤات لاختبار فرضيته بأن ذلك النبات كان يصيد الحشرات؛ من أجل الحصول على النيتروجين.

ومن بين تلك التنبؤات أن ذلك النبات كان، على الأرجح، يفضل الأغذية النيتروجينية على الأغذية غير النيتروجينية، وأن القطرات التي يفرزها لا بد أنها تحتوي على "بعض الخميرة المشابِهة للببسين"، وهو إنزيم الهضم. لذا، فإجابة واحدة يمكن أن تولِّد مجموعة متعددة من الأسئلة الجديدة المتشعبة مثل أغصان الشجر. كتب داروين في سيرته الذاتية المنشورة في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

عام 1887: "يبدو أن عقلي قد أصبح مثل نوع من الآلات، يصوغ القوانين العامة من مجموعات ضخمة من الحقائق".

جابَه داروين التحديات المطروحة في وجه نظريته عن التطور بالانتخاب الطبيعي. ولننظر إلى بحثه الرائع عن بناء قرص العسل بواسطة نحل العسل، فإلى جانب عملية الملاحظة اللصيقة، قام داروين بتطويع الرياضيات المعقدة، والأحياء المقارنة، والتعاون مع عالِم الطبيعة ويليام تيجيتماير. وفي منعطف تجريبي عبقري، بناء على اقتراح تيجيتماير، تم تزويد النحل بشمع مصبوغ باللون الأحمر؛ للكشف عن عملية البناء. وهكذا، أوضح داروين أن نحل العسل يرتكز على نقطة معينة لبناء حُجرة أسطوانية الشكل، ثم يعيد تشكيلها لدمج المساحات الميتة. كانت النتيجةُ شكلًا سداسيًّا مصنوعًا "من بضع غرائز بسيطة للغاية".

كان داروين - في أغلب الأحيان - يقوم بنشر عِلم المُواطن، المبنيّ على مشاركة الجمهور. فقد قام العالِم بدعوة أفراد الجمهور إلى إرسال ملاحظاتهم حول الأحداث والوقائع النادرة.

«كان داروين – في أغلب الأحيان – يقوم بنشر عِلم المُواطن، المبنيّ على مشاركة الجمهور».

فعلى سبيل المثال، كان لديه حدس أن الحشرات (وربما النحل) لا بد أن تزور نبات أوركيد النحل (*Ophrys apifera*) بين الحين والآخر، وطلب من قرّاء دورية «جاردنرز كرونيكل» *Gardener's Chronicle* تقديم أدلة على تلقيح الحشرات في هذا النوع. رغم أن ذلك الاستقصاء لم يحظَ بأي مشاركات تُذكر، فقد كان داروين صادقًا في حدسه. ففي إنجلترا، يُعَدّ التلقيح الذاتي الأسلوب الرئيس للتكاثر لدى تلك الزهرة، أما في مجتمعات البحر المتوسط، فيُسَهِّل النحلُ من حين إلى آخر عمليات التهجين بين النباتات المختلفة.

يذكِّرنا كوستا، بأن إدراج الضوابط الدقيقة وأحجام العينات الضخمة والاستنساخ والتحليل الإحصائي أسهَم – في الوقت الحاضر - في تحسين دقة التصميم التجريبي، وقوة النتائج. كذلك يصف كوستا كيف يَستخدِم علماء اليوم طرقًا وأساليب، مثل تحليل النظائر المشعة، ووضع تسلسل الحمض النووي؛ لإضافة ثقل إلى استنتاجات داروين بشكل يتجاوز أقصى تخيلاته. يُبرِز كتاب «الفِناء الخلفي لمنزل داروين» كيف أن العِلم يُعَدّ عملًا تراكميًّا متطورًا باستمرار.

تجعل جميع هذه الأمور من عالَم داروين التجريبي أداة تعليمية رائعة، وبخاصة إذا وضعنا في الاعتبار أن كثيرًا من تجاربه يصلح للتكرار. والممتع في الأمر، أن كوستا يختتم كل فصل من فصول الكتاب بتجارب من إلهام داروين، لتجريبها في المنزل. يحقق كوستا في هذا الكتاب ما هو أكثر من أهدافه المعلنة بالكشف عن تطور أفكار داروين، ومدى ملاءمة مناهجه لوقتنا الحاضر. أما فيما يخصني، فقد سحبت مجلد «داروين في منزله»، ووضعته في مجلد آخر، سَمَّيته «أعمال معلَّقة». ■

هنري نيكولز صحفي مقيم في لندن. سوف ينشر كتابه التالي «ذو الرأس الناعسة: علم الأعصاب، والتنويم المغناطيسي، والبحث عن ليلة سعيدة» *Sleepyhead: Neuroscience, Narcolepsy and the Search for a Good Night* في عام 2018.

البريد الإلكتروني: henry@henrynicholls.com

ملخصات كتب



دجاج سمين

ماريِن ماكينا، ناشيونال جيوجرافيك (2017)

هذا العرض العلمي الرائع، الذي تقدمه الصحفية ماريِن ماكينا، يسبر أغوار مسألة استخدام المضادات الحيوية المحفِّزة للنمو، في الأعلاف المخصصة لتغذية الدجاج. أسفرت تلك الممارسة عن امتلاء محلات بيع الأغذية الأمريكية بأعداد كبيرة من الدجاج المشبَّع بالبكتيريا المقاوِمة للمضادات الحيوية. تؤدي تلك الميكروبات إلى وفاة 700 ألف إنسان على مستوى العالم سنويًّا. تتعقب ماكينا ذلك الأسلوب منذ نشأته في أربعينيات القرن العشرين. وهي قصة مروعة، تتخلل فصولها حكايات عن تفشي الأمراض، وتسيُّب الجهات التنظيمية. تبيِّن المؤلفة أنه في الآونة الأخيرة قد انتشر توجُّه نحو حظر استخدام المضادات الحيوية، وبالأحرى إعادة تنظيم بيئة مَزارع الدجاج، من شأنه إحداث تحوُّل كبير في "اقتصاد اللحوم" العالمي، نظرًا لهيمنة الدجاج على ذلك الاقتصاد.



السماء الدنيا: حكايات الفضاء، والسرعة، وقمم الجبال

سكوت بارازينسكي، مع سوزي فلوري، ليتل إيه. (2017)

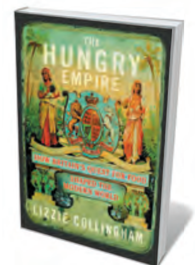
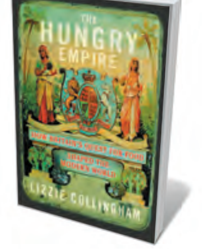
"أسيرُ مترنحًا كمخبول، ولكنني أبذل أفضل ما في وسعي". هكذا يصف الطبيب ورائد الفضاء سكوت بارازينسكي، تسلقه جبل إيفرست وهو مصاب بألم حاد في الظهر، نتيجة لتعرضه لانعدام الجاذبية. يتميز بارازينسكي بواقعيته التي لا تقل جاذبية عن قدرته الملحمية على التحمل، فهو - الذي يمتلك خبرة قوامها خمس مهام فضائية، وسبع تجارب للسير في الفضاء، إلى جانب فترة قضاها طبيبًا شخصيًّا لجون جلين - الشخصية الرائدة في دنيا رحلات الفضاء. تجد نفسك عزيزي القارئ معه في كل لحظة من تلك المذكرات المثيرة، عندما يصارع القيود العاتية خارج المحطة الفضائية «مير»، أو بينما "يخيط" مصفوفة شمسية؛ لربطها بالمحطة الفضائية الدولية، أو وهو يحدق من المدار الأرضي في مخمل النجوم اللامعة.



تجارة الأشلاء

ناعومي فيفر، مطبعة جامعة ييل (2017)

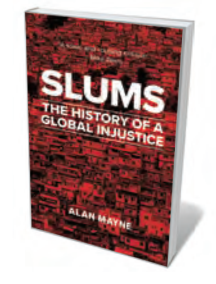
تمثل أعضاء الإنسان القابلة للزرع مجرد نسبة ضئيلة من "المحصول" الممكن جَنْيُه من جثة إنسان. وفي هذه اليوميات المفصلة، ذات الإيقاع السريع، تكشف ناعومي فيفر كيف يتم الإتجار بمئات المنتجات في أسواق الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة، بداية من الجلد؛ لتضميد قروح الساقين (في عبوات بلاستيكية "مثل الجبن الأمريكي")، إلى خليط العظم المطحون، المستخدَم في تثبيت الأطراف الصناعية. وتركز فيفر على القرنيات، والغدد النخامية، والجِلد، تكشِف المؤلفة عن الأخلاقيات المعقدة لهذه الصناعة التي تحصل على خاماتها من المشرحة، التي تطورت على مدار قرن من التجارب الطبية، والتقدم في استخلاص وحفظ "أشلاء الجثث".

الإمبراطورية الجائعة

ليزي كولينجهام، بودلي هيد (2017)

بالإضافة إلى الذهب والمجد، كانت الرغبة المتعطشة للأغذية الأجنبية هي أحد محركات طاغوت الاستعمار البريطاني. تَعْرِض ليزي كولينجهام لذلك الأمر في هذا التاريخ الاقتصادي الثري، حيث تستمد مادتها من السجلات العسكرية، والتجارية، والمحلية؛ للكشف عن الطرق والمسارات المعقدة التي كانت تُنقل عبرها ثمار الحقول، ومصائد الأسماك الاستعمارية، إلى غرف الطعام البريطانية. تبدأ الرحلة - التي استمرت 500 عام - بالدور الذي قام به سمك القد المملح، القادم من نيوفاوندلاند (المعروف باسم «يوحنا المسكين»)، في الرحلات الاستكشافية، التي تمت في عصر أسرة تيودور. وتمضي عبر القصص والحكايات الاستعمارية، عن الفروق الطبقية، والمعاملة القاسية، مرورًا بشراب الروم الجامايكي، والأرز الأفريقي، والأطباق والأكلات المزعجة، مثل سحالي الإيجوانا بالكاري، والأبوسوم المشوي.



العشوائيات: تاريخ من الظلم العالمي

آلان مين، رِيأكْشَن (2017)

يعيش مليار شخص في مدن الظل، التي ندعوها "العشوائيات". يتتبع آلان مين في هذا التأريخ الاجتماعي الثاقب كيف تغيرت نظرة الناس إلى تلك الأحياء. كان الناس في العصر الفيكتوري ينظرون إلى تلك الأحياء بوصفها متاهات، أو دوامات، أو عوالم "مقلوبة رأسًا على عقب"، يعيش فيها "الآخرون". أما في يومنا الحاضر، فإن تلك الأحياء يُنظَر إليها - في الغالب - على أنها مركز من مراكز الابتكار، التي تتسم بالمرونة، ولكن الحرب التي يشنها المطورون على الأحياء العشوائية لم تشهد أي هدنة من أي نوع. من الصعب تفنيد رأي مين، الذي يقول فيه: "إننا نخترع تلك الأحياء، لكي نبرر لأنفسنا السمات القبيحة، وأوجه التعارض المنطقي، وعدم المساواة الاجتماعية، التي تَصِم المدن الرأسمالية الحديثة". **باربرا كايسر**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



PARAMOUNT PICTURES 2017

آل جور في لقطة من فيلم «تتمة مزعجة»، وهو يتحدث مع الناجين من أحد أعاصير الفلبين، وهما ديمي رايا، وألفريد روموالديز؛ العمدة السابق لمدينة تاكلوبان.

علم المناخ

آل جــور وفيلــم جديــد مزعــج

يستعرض **مايكل مان** الفيلم الثاني لرجل الدولة الأمريكي، الذي يسبر فيه أغوار التغير المناخي.

لم يسبق لشخصٍ أنْ قُوبل بالتجريح بسبب جهوده الهادفة إلى التعريف بالتهديد المناخي، مثلما قوبل آل جور (ومن منطلق خبرتي في التعامل مع مُنْكِرِي التغير المناخي، أتحدثُ في هذا الأمر بقَدْر من الثقة).

عندما كان جور نائبًا للرئيس بيل كلينتون، تَصَدَّر الحركة المقاوِمة للاحترار العالمي المتسبِّب فيه الإنسان. كما صار جور أيضًا هدفَ الانتقاد واللوم المتكرر المفضل لأولئك الساخرين من التغير المناخي، الباحثين عن كبش فداء، لكنّ جور يتمتع بشخصية بارزة، تبدو منيعة ضد الهجوم في هذا الميدان، حتى إن المنتقدين هاجموه بكل ما في جعبتهم من أسلحة. وكما ذكرتُ أنا وتوم تولز في كتابنا «تأثير مستشفى المجانين» *The Madhouse Effect* (مطبعة جامعة كولومبيا 2016؛ انظر *Nature* **538**, 34–35; 2016): "لقد انتقدوا وزنه، ومشروعات قوانين الطاقة التي قدمها، وأحداث حياته الشخصية. في الحقيقة، لقد انتقدوا كل ما طالته أيديهم".

ثمة مشكلة واحدة تتعلق بالهجوم على جور، وهي أنه يرد الضربة بمثلها، بل وبأشدّ منها. فعلى أي حال، هو يواجه صناعةً يمكن الزعم بأنها الأقوى والأشد رسوخًا وثراءً على مستوى العالم على الإطلاق، إنها صناعة الوقود الأحفوري. فلا يزال ذلك المقاتل يخوض الصراع، ويشهد على ذلك فيلمه الأخير «تتمة مزعجة: الحقيقة في مواجهة السلطة» *An Inconvenient Sequel: Truth to Power*، وهو جزء مُكَمِّل لفيلمه الأول، الذي صدر في عام 2006 بعنوان «حقيقة مزعجة» *An Inconvenient Truth*.

وليطمئن أولئك الذين يخشون مشاهدة محاضرة وعظية عن علم المناخ، عامرة بشرائح العرض «باور بوينت»؛ فإنّ الفيلم ليس على هذه الشاكلة. إنما يأخذ الفيلم الأدلة العلمية كمُعْطَى مُسَلَّم به، ولا سيما أن جور قدَّم بالفعل فيلمًا كاملًا يغطي هذا الأمر. فهذا الفيلم هو محاولة لإثبات كيف صارت التأثيرات المناخية مفجعة في العقد الذي انقضى منذ صدور الفيلم الأول.

تتمة مزعجة: الحقيقة في مواجهة السلطة
بوني كوهين وجون شينك
بارتسيبانت ميديا/ أكشوال فيلمز: 2017.

في بداية فيلم «تتمة مزعجة»، وفي مشهد يدور في لوح جرينلاند الجليدي، يشير المتخصصان في الأنهار الجليدية إريك ريجنوت، وكونراد ستفن، إلى الانحسار الشديد للجليد في السنوات الأخيرة. ونشاهد أيضًا أنهارًا من الثلوج الذائبة على سطوح الأنهار، وهي تندفع بعيدًا عن اللوح الجليدي تجاه مياه المحيط الأطلسي الشمالي المفتوحة. وهنا، يطرح جور السؤال التالي: "أين يذهب كل هذا الماء؟" ثم يقدم الجواب؛ إذ يأخذنا الفيلم إلى شاطئ ميامي في فلوريدا، حيث نشاهد فيضان الشوارع، الذي صار ببساطة أمرًا مُرَافِقًا لمواسم المَدّ العالي. فإذا كان ذوبان جليد جرينلاند يبدو أمرًا تجريديًّا غير ملموسًا وبعيدًا عنا، فإن الفيضانات المتواصلة طوال السنة في ميامي وغيرها من المدن الساحلية، والبلدان المنخفضة ذات الكثافة السكانية المرتفعة من بنجلاديش إلى بلجيكا هي أبعد ما تكون عن التجريدية.

يُعَدّ الجفاف الذي ضرب سوريا لأكثر من عقد هو الأبرز والأطول أمدًا على مدار 900 عام على الأقل (وذلك في ضوء ما لدينا من بيانات تاريخية موثوق بها). ولا ريب أن للتغير المناخي دورًا في الأمر. ويبين جور كيف أن تأثير الجفاف على المزارعين الريفيين أدى إلى زيادة حدة الصراع، والحرب الأهلية، والهجرة الجماعية، والصراع العالمي حول مسألة الهجرة، وظهور الجماعة الإرهابية، تنظيم الدولة الإسلامية في العراق والشام (داعش) كنتيجة لذلك. فإذا كان الجفاف في سوريا يبدو بعيدًا، أو حتى أمرًا بسيطًا، فإن تهديد الإرهاب، وانعدام الاستقرار السياسي العالمي فوريّان وتأثيرهما مباشر. يمتلك جور عبقرية الربط بين الخيوط؛ لرسم الخريطة العالمية للتأثيرات المناخية.

في فيلم «حقيقة مزعجة»، عَرَض جور نسخة من منحنى الانحدار المفاجئ الشهير الشبيه بـ"عصا الهوكي"، الذي نشرتُه أنا وزملائي في أواخر تسعينيات القرن الماضي (M. E. Mann *et al*. *Geophys*. *Res*. *Lett*. **26**, 759–762; 1999)، والذي كشف عن ارتفاع حاد في درجات الحرارة على مدار القرن الماضي. يوجد المنحنى الشبيه بـ"عصا هوكي" في الفيلم الجديد، غير أنه يُظْهِر هذه المرة النمو العالمي الملحوظ في الطاقة المتجددة على مدار العقد السابق. إنّ التغير المناخي آخِذ في التسارع، وكذلك قدرتنا على التعامل معه؛ ولذا، فهناك أسباب تدعونا للتفاؤل الحَذِر.

في الوقت ذاته، نقابل آل جور، الذي وصفه أصدقاؤه، لكن لم يره سوى قِلة غيرهم. فآل جور

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هذا ليس شخصًا متبلدًا، بل رأيناه يذرف الدمع في أعقاب الهجمات الإرهابية التي وقعت في باريس في عام 2015. وهو يصب جام سخطه على أولئك الذين يضللون العامة عمدًا بشأن قضية التغير المناخي. لقد غضب آل جور بالفعل غضبًا شديدًا لهذا الأمر، ونحن نؤيده فيما فعل.

يبدو آل جور أيضًا متصالحًا مع نفسه؛ إذ خطّ الشيب رأسه، وتَقَدَّم به العمر في سلاسة، ليصير أحد رجال الدولة المخضرمين البارزين. فهو دبلوماسي بارع، تمكَّن من إقناع الريادي إيلون ماسك بتزويد الحكومة الهندية بحق الاستخدام المجاني لتكنولوجيا الطاقة الشمسية التي طَوَّرها، وذلك في محاولة منه لحمل هذه الدولة على الانضمام إلى اتفاقية باريس للمناخ. إنه البطل الذي يصير في حضرته رئيس الوزراء الكندي المحبوب جاستِن ترودو مجرد واحد من معجبيه.

سيخيب أمل مَن يتوقعون أن يشن آل جور هجومه على الرئيس الأمريكي دونالد ترامب، إذ إن آل جور - المنصف كعادته دومًا - يبذل قصارى جهده، كي ينخرط في العمل مع ترامب على نحو بنّاء، غير أن موقفه واضح تمام الوضوح. يعرض جور لقطة لترامب، وهو يقول فيها إنّ علينا أن نقلق من تنظيم داعش، بدلًا من أن نقلق بشأن التغير المناخي. إنّ كل مَن يتبنَّى الرؤية التي يتبناها هذا الفيلم سيعرف بالفعل أن هذه المقاربة مغلوطة.

يُعَدّ هذا الجزء المكمِّل مزعجًا على نحو مُحَبَّب، وذلك لعدة أسباب؛ فهو يزعج أصحاب المصالح الشخصية، الذين كانوا يأملون أن يستسلم جور فحسب. كان الهدف من حملة التشويه التي شَنُّوها ضده هو إعاقة جهود التواصل الجارية التي يبذلها، وبث الخوف في قلوب الآخرين الذين قد يفكرون في الانضمام إليه. (أطلقت على هذه الطريقة اسم «استراتيجية سيرينجيتي» في كتابي «عصا الهوكي، وحروب المناخ» *The Hockey Stick and the Climate Wars*، مطبعة جامعة كولومبيا، 2013)، لكن كما يبشر العنوان الفرعي للفيلم،لا يزال جور يتحدث بالحقيقة في مواجهة السلطة.

> **«يصير في حضرته رئيس الوزراء الكندي المحبوب جاستِن ترودو مجرد واحد من معجبيه».**

ولهذا السبب، يُعَدّ الفيلم مزعجًا لجور كذلك، فبدلًا من أن يقضي سنوات عمره الباقية في الاحتفاء بثمار تاريخه المهني المميز في الخدمة العامة برفقة عائلته وأصدقائه، ما زال يقاتل قوى الإنكار والتسويف.

وأخيرًا، يسلط الفيلم ضوءًا مزعجًا على البشرية؛ فمِن المذهل أننا لا نزال عالقين في جدل سياسي بشأن ما إذا كان للتغير المناخي وجود من الأساس، أم لا، بينما كل سنة تمر من دون اتخاذ إجراءات كافية تزيد من صعوبة تفادي الكارثة أكثر وأكثر، تمنحنا معرفة أن آل جور لا يزال متفائلًا، بصيص من الأمل ، في وقت يشوبه عدم اليقين. ■

مايكل إي. مان أستاذ متميز متخصص في علوم الغلاف الجوي في جامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك، وعضو في قسم العلوم الجيولوجية، ومعهد المنظومات الأرضية والبيئية، ويشغل أيضًا منصب مدير «مركز علوم المنظومة الأرضية» في جامعة بنسلفانيا.
البريد الإلكتروني: mann@psu.edu

أمن الفضاء الإلكتروني

الحــرب الإلكتــرونيــة البــاردة

ستيفن أفترجود يعرض تحليلًا لصراع شرس يُقَوِّض استقرار الإنترنت.

تتعرض شبكة الإنترنت لهجمات شرسة، ولا يقتصر الأمر على هجمات القراصنة، واللصوص، والجواسيس. يذكر ألكسندر كليمبرج في كتابه «الشبكة المظلمة» *The Darkening Web* أن الحكومات التي تصِرّ على الهيمنة تهاجِم بشكل متزايد فكرة أن هذا الميدان الرقمي من المشاعات العابرة للحدود، حتى إن الفضاء الإلكتروني المعلوماتي صار معتركًا حربيًّا في حقبة جديدة من المعارك الأيديولوجية.

يرى كليمبرج - مدير سياسة الفضاء الإلكتروني في مركز لاهاي للدراسات الاستراتيجية في هولندا – أنه يمكن تصنيف أطراف الصراع في معسكرين؛ الأول يمثل قوى "حرية الإنترنت" التي تدعم تدفق المعلومات بلا قيود، متجاوزةً الحدود الوطنية أو الحواجز الثقافية، أما الثاني، فهو معسكر "الهيمنة على الفضاء الإلكتروني" بقيادة روسيا والصين، الذي يطالب بفرض المزيد من السيطرة الحكومية على الإنترنت والمعلومات. وفي إطار سعي الصين للإبقاء على هذا العمل الرقابي المهول، فإن العاملين في مشروع «الجدار الناري العظيم » Great Firewall يفوق عددهم عدد أفراد القوات المسلحة الصينية.

تبدو نسبة المخاطرة مرتفعة للغاية، على حد قول كليمبرج. فهل سيتاح للإنترنت استغلال إمكاناته في دعم فكرة الحضارة العالمية؟ أم أن قوة الإنترنت ستنقلب عليه، بحيث تسهم في تعزيز الانقسامات التاريخية بين الأمم، لتسطر فصلًا آخر من فصول الحروب الباردة؟ يشيع العدوان والقمع في الإنترنت؛ فالأزمة الدبلوماسية التي اندلعت في الشرق الأوسط وأفريقيا هذا العام ربما أثارها قراصنة روس نشروا خبرًا زائفًا على «وكالة الأنباء القطرية»، كما حظرت الحكومة التركية موقع «ويكيبيديا» في إبريل، بعد ظهور تعليق ينتقد الحكومة على تلك الموسوعة الإلكترونية. لكن في الوقت ذاته هناك زيادة في حجم الجهود المشتركة الرامية إلى تحسين دفاعات الفضاء الإلكتروني، ومن بينها الاتفاق الذي أُبرم بين فيتنام واليابان في إبريل الماضي، ونظيره الذي أُبرم بين سنغافورة وأستراليا في يونيو الماضي.


US DOE

أعضاء قيادة عمليات الدفاع عن الفضاء السيبراني في البحرية الأمريكية يرصدون النشاط الشبكي غير المشروع.

يمنح كتاب «الشبكة المظلمة» إطلالة شاملة ودقيقة في الوقت نفسه على الكيفية التي آلت بها الأمور إلى ما نشهده اليوم، مع استعراض وافٍ للخلفية التاريخية. يصف كليمبرج كيف أن طريقة عمل الإنترنت تعتمد على عدة أجزاء متفرقة، وعلى مشاركين مختلفين، منهم الحكومات، والقطاع الخاص، والمجتمع المدني، والأكاديميون، والأفراد المستقلون، فهؤلاء جميعًا يوفرون البنية التحتية، والترميز، والمحتوى الذي يبني الفضاء الإلكتروني، بالإضافة إلى

القدرة المتزايدة المطلوبة للاستجابة لحالات الطوارئ. ويشكِّل نموذج تعدد الأطراف المتنفعة - الخاص بإدارة الإنترنت - جزءًا من منظومة تمكِّن الإنترنت مِن تجاوُز الحدود المحلية. جدير بالملاحظة أن كليمبرج يرى أن "جميع الدول المشارِكة في الإنترنت تقبل بالفعل خسارة قدر معين من السيادة"؛ إذ تحظى «مؤسسة الإنترنت لتخصيص الأسماء والأرقام» -وهي مؤسسة دولية غير هادفة إلى الربح - بسلطة أكبر على نظام أسماء النطاقات من تلك التي تحظى بها أيّ من الحكومات منفردة.

غزارة المعلومات

على الرغم من ذلك، يحظى أنصار الهيمنة على الفضاء الإلكتروني بميزة؛ إذ يرى كليمبرج أنهم دائمًا في وضع الهجوم، مستخدمين المعلومات كسلاح لتعزيز المصالح الوطنية. وفي المقابل، يعاني أنصار حرية الإنترنت من أجل الدفاع عن الوضع الراهن، القائم على الشفافية والتعاون الدولي. ومن وجهة نظر كليمبرج، فإن الهدف النهائي لأنصار الهيمنة على الفضاء الإلكتروني لا يعدو كونه "إعادة صياغة كاملة للنظام العالمي بمفهومه القديم الذي وضعه الغرب"، ويبدو أن الرياح تأتي بما تشتهيه سفنهم؛ فالمخاوف المتزايدة بشأن الأمن عبر الإنترنت ستؤدي إلى زيادة الرقابة الحكومية على الفضاء الإلكتروني، وقد تسببت القرصنة الروسية للحملات الانتخابية وتلاعبها بـ"عمليات التأثير" في انتخابات الرئاسة الأمريكية لعام 2016 في جَعْل احتمالات تسلح المعلومات واقعًا ملموسًا بجلاء. وقد يؤدي تنامي النزعة القومية والاستقطاب السياسي في الغرب إلى تفاقم الوضع.

> «تسببت القرصنة في جعل احتمالات تسليح المعلومات واقعًا ملموسًا بجلاء».

في شهر مايو الماضي، وفي صحيفة «وول ستريت جورنال»، قال مستشار الأمن القومي في البيت الأبيض، هربرت ريموند ماكماستر، وجاري كوهن - مدير المجلس الاقتصادي الوطني - إن العالم ليس "مجتمعًا دوليًّا"، بل معتركًا تنخرط فيه الدول والجهات غير الحكومية الفاعلة والشركات، وتتنافس فيه؛ بحثًا عن التفوق على غيرها، وتابَعَا بقوْلِهما: "بدلًا من إنكار هذه الطبيعة الأساسية للشؤون الدولية، فإننا نعتنقها". وباستبدال كلمة "العالَم" بكلمة "الفضاء الإلكتروني"، يتضح توجُّه الولايات المتحدة نحو مناصرة الهيمنة على الفضاء الإلكتروني. وإضافة إلى ذلك، وفي أعقاب الهجوم الإرهابي على جسر لندن في الثالث من يونيو الماضي، بدت رئيسة الوزراء البريطانية تريزا ماي مؤيِّدة لفرض قيود حكومية جديدة على المعلومات المتاحة على الإنترنت، حين دَعَت إلى عقد "اتفاقات دولية لتنظيم الفضاء الإلكتروني؛ لمنع انتشار التطرف والتخطيط للإرهاب".

يشتمل نطاق المشكلة - بلا شك - على عدة أمور، منها "المحتوى السيئ" على الإنترنت، مثل التحريض، والتشهير، واستغلال الأطفال في المواد الإباحية. ومع ذلك، يرى كليمبرج - من منظور حرية الإنترنت - أنه ينبغي التعامل مع هذه المسألة من منطلق إنفاذ القانون، وليس عبر تقييد الاتصالات بصورة استباقية، كما يجب أن ينفذ الدفاع الإلكتروني على مستويات متعددة. غير أنه، هناك صراعًا دلاليًّا مستمرًّا بخصوص مصطلحات أمن الفضاء الإلكتروني، إذ يحاول كل فريق فَرْض - أو استبعاد - دلالات محددة. وفي هذا الصدد، يشير كليمبرج إلى أن روسيا والصين تُعَرِّفان "أمن المعلومات" على نحو يعكس هدفهما؛ المتمثل في إضفاء الشرعية على سيطرة الدولة على المعلومات.



الشبكة المظلمة: حرب السيطرة على الفضاء الإلكتروني
ألكسندر كليمبرج
بنجوين: 2017.

وتبذل الأمم المتحدة وغيرها من الهيئات جهودًا؛ لوضع معايير للسلوك في الفضاء الإلكتروني، من شأنها تعزيز القبضة القومية على الإنترنت، أو تقويضها، فعلى سبيل المثال، طَرَحَ مجلس علوم الدفاع الأمريكي في تقرير هذا العام سؤالًا يقول: "هل من المقبول، أم من غير المقبول أن تضع الدول برامج ضارة مسبقًا في الشبكات الكهربائية الخاصة بدول أخرى، وهو ما يبدو أنه حدث للولايات المتحدة؟"، فإذا كان ذلك مقبولًا، فإن المجلس ينصح الولايات المتحدة بأن تقوم بالمثل أيضًا، مِن منطلق الردع. وإذا كان ذلك مرفوضًا؛ فينبغي تحديد هوية مرتكبي هذه الجريمة، ومعاقبتهم. وفي الوقت نفسه، فإن الغرض من وجود الدبلوماسية الدولية هو حلّ الصراعات، وهي إنْ بدت ضعيفة، فإنها قد تكون مفيدة في بعض الأحيان. ويوضح كليمبرج أن الاتفاق الذي عُقد بين الولايات المتحدة والصين في سبتمبر 2015 قد أسفر عن "أكبر تراجُع في تاريخ صراع الفضاء الإلكتروني"؛ إذ انخفضت معدلات الهجمات الإلكترونية الصينية على الشركات الأمريكية انخفاضًا كبيرًا.

وينبغي التنويه إلى أن كتاب «الشبكة المظلمة» لم يجمع بين دفتيه كل الأحداث الجارية؛ إذ تطرَّق - على استحياء – إلى التدخل الروسي في الانتخابات الرئاسية الأمريكية، ولم يأتِ على ذكر مجموعة القرصنة المسماة «سماسرة الظل» Shadow Brokers، التي استولت على أدوات استخباراتية من وكالة الأمن القومي الأمريكي (NSA) في عام 2016؛ وكذا برنامج الفدية «واناكراي» WannaCry، الذي تفشَّى في مايو 2017 في أنحاء العالم؛ أو قانون أمن الفضاء الإلكتروني الصيني الجديد، الذي يهدف - بشكل غامض - إلى تنظيم "حركة البيانات العابرة للحدود"، بيد أن المؤلف يعرِض إطار عمل مدروسًا لتقييم التطورات في هذا المجال الذي يتطور بسرعة.

ولعل أكثر ما يميز هذا الكتاب هو مساءلة الافتراضات التي بُني عليها، ومناقشتها. ويعترف كليمبرج بأن الغرب نادرًا ما يطَّلع بوضوح على وجهات النظر المعارِضة، ولذا، فإنه إذا كان من الصعب فهْم "مستوى العدوان الصريح" الذي تمارسه روسيا تجاه شبكة الإنترنت، فقد يرجع ذلك إلى أن الدول الأخرى تجهل كَمّ الهجمات الإلكترونية التي تتعرض لها روسيا. وفي رأيه أن الغرب نفسه قد أسهم في تدهور هذه الثقة التي يقوم عليها مبدأ حرية الإنترنت، وذلك عبر الانخراط في أنشطة المراقبة العشوائية، مثل تلك التي اضطلعت بها وكالة الأمن القومي، والتي كَشَفَ عنها النقاب في عام 2013 المتعهِّدُ السابق إدوارد سنودن.

يختتم كليمبرج كتابه قائلًا إنّ معركة حرية الإنترنت - في نهاية المطاف - "تمثِّل في ذاتها جزءًا من الصراع نحو قلب المجتمع الديمقراطي الحديث"، ويجب على أصحاب النزعة الديمقراطية الدفاع عن تلك الحرية بكل ما أُوتوا من عزم. ■

ستيفن أفترجود مدير مشروع اتحاد العلماء الأمريكيين (FAS) المعنِيّ بسِرِّيَّة الحكومة، في العاصمة الأمريكية واشنطن.
البريد الإلكتروني: saftergood@fas.org

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أبحـــاث

نماذج السرطان

الخطوة التالية للارتقاء بنمذجة السرطان

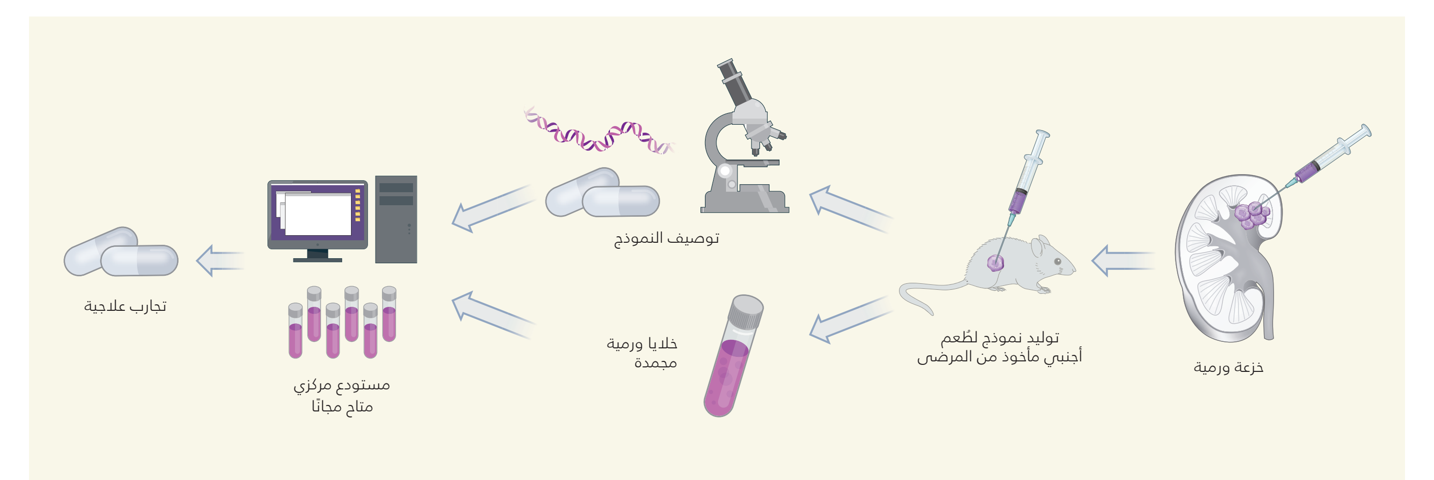
زراعة خلايا ورمية للمرضى في الفئران، لإنتاج نموذج للتحليل، ولاختبار الأدوية. ووضع توصيف شامل لمجموعة من النماذج الخاصة بالأورام الصلبة في الأطفال، وإتاحته مجانًا.

مارك إيه. موراكامي، وديفيد إم. واينستوك

أعاق شُحّ العينات الورمية المتاحة ونماذج الفئران دراسة السرطانات النادرة. وقد مَكَّنَت التطورات الحديثة زرع الخلايا الورمية البشرية في الفئران التي تعاني من نقص المناعة، بنسبة نجاح عالية. ففي بحث نُشر مؤخرًا بدورية *Nature*، قَدَّم ستيوارت وزملاؤه[1] تحليلًا شاملًا للأورام الصلبة في الأطفال، التي زُرعت ونمت في الفئران، وأظهروا كيف يمكن استخدام هذه النماذج، للتوصل إلى العلاجات المستهدفة المحتملة للأشخاص المصابين بسرطانات نادرة.

يلقى أقل من 20% فقط تقريبًا من الأطفال المصابين بالسرطان في الولايات المتحدة حتفهم بسبب المرض[2]، ويرجع ذلك - بشكل رئيس - إلى توليفات فعالة بدرجة مذهلة من العلاج الكيميائي. وَضَعَت هذه النظم العلاجية استنادًا إلى اختبارات إكلينيكية تجريبية وتراكمية مهمة. إلا أن المبدأ المقبول لدينا ولدى سوانا من علماء بيولوجيا السرطان هو أن الاكتشاف العلمي الأساسي وحده يمكنه أن يفضي إلى تطورات جذرية. وثمة حاجة إلى علاجات أفضل من تلك المتاحة حاليًّا؛ للتقليل من سميّة العلاج طويلة الأمد إلى أدنى حد ممكن بين الأطفال المصابين بالسرطان، ولكن الحقيقة التي لا يمكن تجاهلها هي أن الأطفال المصابين بالسرطان يتلقون خدمة جيدة نسبيًّا بالعلاجات المتاحة، مقارنة بالبالغين. ووفقًا لما ورَد عن المعهد الوطني الأمريكي للسرطان، يقل معدل الوفيات السنوي الناجمة عن السرطان في الأشخاص الذين تقل أعمارهم عن 20 سنة، بما يعادل 300-500 مرة عن معدّلها في الأشخاص الذين تجاوزوا سن الخامسة والستين.

وثمّة مبدأ آخر مقبول على نطاق واسع أيضًا، وهو أن هناك حاجة إلى مزيد من الأنظمة النموذجية غير باهظة الثمن، التي تسهل معالجتها، وتلتقط بدقة الجوانبَ المميزة للأورام البشرية؛ من أجل تحسين فهْمنا للسرطان؛ واستهدافه. وفي هذا الصدد، فإن توفُّر فئران تعاني من نقص المناعة، وتفتقر إلى الخلايا التائية والبائية، والخلايا القاتلة الطبيعية[3]، وتمتلك بالتالي قدرة محدودة على رفض الأورام البشرية، قد جعل من السهل إنماء أورام بشرية في هذه الفئران؛ لتوليد ما يُعرف بالطُّعم الأجنبي الورمي المأخوذ من المرضى (ويُسمى اختصارًا PDX). يمكن تحضير أعداد كبيرة من هذه النماذج بسهولة، كما يمكن تجميد الخلايا الورمية التي تنمو في الفئران، ثم إذابتها في وقت لاحق؛ لإعادة زرعها في فئران أخرى. ويمكن أيضًا استخدام الخلايا الورمية للإنماء سويّ الموضع، ويُقصد به إنماء الخلايا في جزء أنسجة الفئران المماثلة لتلك التي أُخذ منها الورم البشري. ويمكن تعديل الخلايا وراثيًّا؛ للتعبير عن جزيئات تتيح تتبُّعها داخل الجسم، كما يمكن تعديل الفئران، بحيث تتضمن سمات البيئة المصغرة المحيطة بالورم البشري[4].



الشكل 1 | نماذج ورمية لسرطانات الأطفال. أعلن ستيوارت وزملاؤه[1] عن توليد وتحليل نماذج فئران لعدد من أنواع سرطان الأطفال. زرع الباحثون خزعات ورمية مأخوذة من مرضى في فئران تعاني من نقص المناعة، وتتقبل بسهولة الأنسجة البشرية؛ لتوليد نماذج للطعوم الأجنبية المأخوذة من المرضى (PDX). وقد وضعوا توصيفًا لهذه النماذج باستخدام تقنيات متعددة، من بينها الفحص المجهري، وتحليل تسلسل الحمض النووي، واختبروا العقاقير في فئران زُرع فيها بعض نماذج الطعوم الأجنبية تلك. جمّدت عينات من الخلايا الورمية لتلك الطعوم الأجنبية، بحيث يمكن إذابتها فيما بعد، وزرْعها في فئران أخرى؛ بغرض تحليلها في المستقبل. أنتجت مجموعات أخرى أيضًا نماذج لتلك الطعوم الأجنبية من أنواع مختلفة من الأورام البشرية[5,6]. والخطوة الأساسية التالية في هذا المجال هي إنشاء مستودع مركزي، متاح لإدارة ومشاركة البيانات المستقاة من دراسات الطعوم الأجنبية تلك من مجموعات مختلفة. وهناك حاجة إلى مثل هذا النهج؛ لتسهيل التقدم في تحديد الأساليب العلاجية التي يمكن اختبارها في التجارب الإكلينيكية.

ذَوَتْ غالبية الطعوم الأجنبية الأولية المأخوذة من المرضى في المختبرات الفردية، أو الهيئات التجارية. ومع مرور الوقت، أخذ يتضح أكثر فأكثر أنه على الرغم من أن تلك الطعوم تقدِّم بعض المزايا التي تتفوق بها على الخطوط الخلوية المزروعة في المختبر، أو النماذج الاعتيادية للفئران، التي تنمي نسخة من الورم البشري داخل فأر، فإن لها عيوبها الكبيرة، فمثلًا، عندما تُحقن فئران مختلفة بأجزاء من عينة الورم نفسها، تستطيع الطعوم الأجنبية تلك - الآخِذة في النمو - أن تحمل تغيرات جينية وواسمات من سطوح الخلايا، وأنماطًا نسخية[5] مختلفة بشكل كبير. كما يمكن لسلالة الفئران المستخدَمة في عملية زرع الطعوم أن تؤثر بشكل كبير على بيولوجيا هذه الطعوم[5]. وهكذا، فكل فأر يحتضن طُعمًا أجنبيًّا من هذا النوع يُعتبر نموذجًا فريدًا، يُعرف وفقًا لظروف التجربة. وكثيرًا ما يُطرح السؤال التالي على المتخصصين في هذه الطعوم الأجنبية: "هل هذه النماذج هي الأورام الأصلية نفسها؟" والجواب هو: لا. إن السؤال عن كونها هي نفسها الأورام الأصلية يشبه السؤال الذي يحمله عنوان رواية فيليب ديك "هل تحلم الروبوتات بخرفان آلية؟ *Do Androids Dream of Electric Sheep?*" (دبلداي، 1968)؛ فالسؤال يخلط – بطريق الخطأ - بين التوقعات الزائفة للطبيعة، والطبيعة نفسها.

تأتي الفائدة الكبرى لتلك الطعوم الأجنبية - حتى الآن على الأقل - من السهولة النسبية لتوليدها. إذ يمكن الآن دراسة العديد من السرطانات النادرة، التي لا تتوفر لها فئران مهندَسة وراثيًّا، أو خطوط خلوية في المختبر، وذلك باستخدام الطعوم الأجنبية الورمية المأخوذة من المرضى. كما تم توليد تلك الطعوم من أورام أشخاص مصابين بمرض مقاوِم للعلاج؛ ما قد يساعد على نمذجة السرطانات التي تَستعصِي على العلاج، التي يتم تقييمها عادةً في التجارب الإكلينيكية المبكرة[4,6]. وقد أجريت التجارب العلاجية التي تحاكي المرحلة الثانية من الدراسات المجراة على البشر باستخدام 20 نموذجًا - أو أكثر - من الطعوم الأجنبية الورمية المأخوذة من المرضى. ويمكن لهذه الدراسات أن تعطي وصفًا للتغاير في الاستجابات للأدوية عبر نماذج متعددة، وتوجّه تطوير الفحوص المختبرية التي تتوقع الاستجابة العلاجية، وتنتقي الخلايا النادرة في الورم، التي تنمو داخل الجسم في أثناء العلاج الدوائي[6,7].

وثمة الآن مستودعات عديدة تضم مئات - أو ربما آلاف - الطعوم الأجنبية الورمية المأخوذة من المرضى، التي تمثل مجموعة واسعة من الأورام، وكانت قد وُلِّدت من مرضى عُولجوا بالعلاج الكيميائي، أو بالعوامل المستهدفة. العديد من هذه المستودعات مصادر مفتوحة (أي تتوفر فيها النماذج مجانًا)، بما فيها أكثر من400 طُعم أجنبي من الأورام الصلبة من البالغين[8]، و300 ورم دموي من الأطفال والبالغين[6]، فضلًا عن أعداد كبيرة أعدّتها اتحادات أخرى[9]. وقد ولّد ستيوارت وزملاؤه أكثر من 60 نموذجًا للطعوم الأجنبية تلك، الخاصة بالأورام الصلبة في الأطفال، ضمن عملهم، كجزء من مجموعة تُعرف باسم "شبكة الأورام الصلبة في الأطفال".

ويقدم ستيوارت وزملاؤه مجموعة بيانات ضخمة بشكل مدهش، حيث قام الباحثون بإنماء 148 عينة من 15 نوعًا من الأورام إنماءً سويّ الموضع، وأفادوا بتحليل 1,173 شريحة تحتوي على عينات خلوية، تمت دراستها باستخدام تقنيات كيميائية هيستولوجية مناعية، و102 تسلسل للجينوم الكامل لطعوم أجنبية ورمية مأخوذة من المرضى، و102 نمط نسخي. كما أشار الباحثون أيضًا إلى تسلسل واسع مستهدَف للحمض النووي بالمناطق الجينومية ذات الأهمية، وحللوا تسعة تعديلات مختلفة لبروتينات الهيستون الرابطة للحمض النووي. وقد استخدموا المجهر الإلكتروني، كما وَلَّدوا خطوطًا خلوية لخمسة أنواع من أورام الطعوم الأجنبية المأخوذة من المرضى. ورصدت شاشة اختبار العقاقير الخاصة بهم أكثر من 500 ألف نقطة قياس. وقد تضمّن تقريرهم عما قاموا به داخل الجسم: هندسة وراثية لخطوط خلوية متعددة لطعوم أجنبية مأخوذة من المرضى، من أجل وَسْم الخلايا لتصويرها، ودراسة على الفئران؛ للبحث في ضبط جرعات العلاج بالعقاقير، ودراستين للفعالية على الفئران؛ للبحث في تجريع الأدوية المتعددة. ومن شأن مجموعة بيانات واسعة كهذه أن توفِّر العديد من الفرص للباحثين في هذا المجال؛ لمتابعة البحث في التغيرات الجينية، والبصمات النسخية، وحساسيات العقاقير التي حددها ستيوارت وزملاؤه.

وسيتطلب تحقيق أقصى فائدة من الاكتشاف باستخدام نماذج الطعوم الأجنبية تلك مستوى غير اعتيادي من الشفافية، والمعايرة، وإتاحة الوصول. وباعتبارنا مسؤولين عن تمويل البحوث، وأبطالًا بالنسبة إلى الأفراد المصابين بالسرطان، يجب ألا نقبل بأقل من ذلك. وقد أتاحت شبكة الأورام الصلبة في الأطفال نماذجها مجانًا، ومن بينها تلك التي وصفها ستيوارت وزملاؤه، ووزعتها بالفعل على أكثر من 120 باحثًا في 11 بلدًا. ومن المفترض أن تساعد الأساليب التي وضعها ستيوارت وزملاؤه المراكز الأخرى على إجراء أنواع مماثلة من الدراسات. والخطوة التالية للارتقاء بالمجال، ستتمثل في تشكيل اتحاد أكبر من المستودعات، يوائم بين توصيف النموذج، والتوزيع، والبنية التحتية لقاعدة البيانات (الشكل 1).

قَدَّم ستيوارت وزملاؤه إسهامًا مهمًّا في نمذجة السرطان بشكل عام، ونمذجة الأورام الصلبة في الأطفال بشكل خاص. وهم يقدمون واحدًا من أكثر مستودعات الطعوم الأجنبية المأخوذة من المرضى، الموصوفة بشكل شامل حتى الآن. هذا، وسوف تخدم مجموعات البيانات الشاملة التي بنوها الباحثين في جميع أنحاء العالم، ونأمل أن تجلب ثقافة السخاء والمشارَكة، التي ستعود بالنفع على الجميع. ■

مارك إيه. موراكامي، و**ديفيد إم. واينستوك** يعملان في قسم طب الأورام، معهد دانا فاربر للسرطان، بوسطن، ماساتشوستس 02215، الولايات المتحدة الأمريكية. ديفيد إم. واينستوك يعمل أيضًا في معهد برود التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعة هارفرد، بوسطن.
البريد الإلكتروني: dweinstock@partners.org

1. Stewart, E. *et al. Nature* **549,** 96–100 (2017).
2. Smith, M. A., Altekruse, S. F., Adamson, P. C., Reaman, G. H. & Seibel, N. L. *Cancer* **120,** 2497–2506 (2014).
3. Shultz L. D. *et al. J. Immunol.* **174,** 6477–6489 (2017).
4. Aparicio, S., Hidalgo, M. & Kung, A. L. *Nature Rev. Cancer* **15,** 311–316 (2015).
5. Klco, J. M. *et al. Cancer Cell* **25,** 379–392 (2014).
6. Townsend, E. C. *et al. Cancer Cell* **29,** 574–586 (2016).
7. Byrne, A. T. *et al. Nature Rev. Cancer* **17,** 254–268 (2017).
8. Gao, H. *et al. Nature Med.* **21,** 1318–1325 (2015).
9. Kaiser, J. *Science* http://dx.doi.org/ 10.1126/science.aag0653 (2017).

موجات الجاذبية



اكتشاف موجات الجاذبية الناجمة عن اندماج نجوم نيوترونية، ورصد الحدث عبر الطيف الكهرومغناطيسي، يُطْلِعانا على عدة جوانب للجاذبية والفيزياء الفلكية.

إم. كولمان ميلر

أحيانًا ما تغدق علينا الطبيعة بسخاء؛ وهو ما ظهر جليًّا في يوم 17 أغسطس 2017، عندما دار جِسمان من البقايا النجمية المدمجة - ويُطلق على مِثْلهما اسم "النجوم النيوترونية" - معًا في مسار حلزوني، على بُعد حوالي 40 مليون فرسخ نجمي (130 مليون سنة ضوئية)[1]. ويُقال أن ذلك الحدث المسمى GW170817 يقدِّم لنا كنزًا، أعظم حتى من اندماج الثقوب السوداء[2-5]، إذ نتجت عنه موجات جاذبية وإشعاعات كهرومغناطيسية. تم رصد الحدث في نطاق أشعة جاما[6]، ورُصِد أيضًا - كما ورد في خمسة أبحاث علمية، نُشرت مؤخرًا بدورية *Nature*[7-11] في نطاقات الأشعة السينية، والضوء البصري، والأشعة تحت الحمراء. ونتيجة لذلك، يطرح هذا الحدث - بضربة واحدة - اختبارات لنظريات الجاذبية البديلة، كما يحدد مصدرًا واضحًا لانفجار كوني يُعرف باسم "انفجار أشعة جاما"، ويقدم دليلًا قويًّا على مسار تكوين بعض العناصر الثقيلة على الأقل في الكون (تلك الأثقل بكثير من الحديد).

إنّ رصد موجات الجاذبية الناجمة عن اندماج نظام ثنائي من النجوم النيوترونية يُعَدّ - في حد ذاته - مصدرًا غنيًّا بالمعلومات المفيدة. وعلى عكس الثقوب السوداء، تَفتقِر النجوم النيوترونية إلى آفاق الحدث، وهي الحدود الفاصلة التي لا يمكن أن تهرب منها أيّ مادة، أو طاقة. وبالتالي، فإن تحليل موجات الجاذبية الناتجة عن اندماج نجوم نيوترونية يمكنه أن يُسهِّل إجراء اختبارات كانت مستحيلة من قَبل على نظريات الجاذبية البديلة، التي تختلف عن نظرية النسبية العامة لآينشتاين فقط في حالة وجود المادة[12].

وما يجعل الحدث GW170817 أكثر إثارة هو انبعاث موجات كهرومغناطيسية قوية مصاحِبة (الشكل 1). ويعني ذلك أنه - للمرة الأولى - أصبح من الممكن ربط رَصْد موجات الجاذبية ببقية أجزاء علم الفلك. وقد كان شرف اكتشاف أول إشارة كهرومغناطيسية تم الإعلان عنها من نصيب مراقِب انفجار أشعة جاما، الموجود على متن تليسكوب

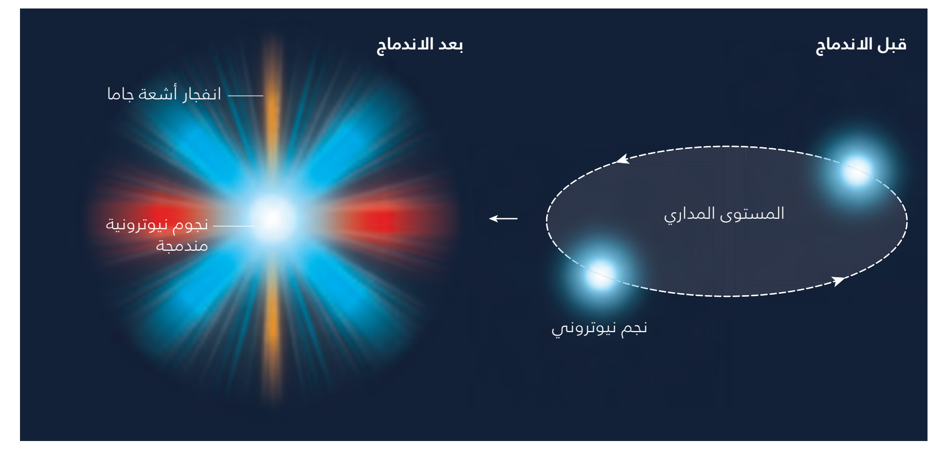
"فيرمي" الفضائي لأشعة جاما، التابع لوكالة "ناسا"، الذي التقط - بشكل مستقل تمامًا عن عملية رصد موجات الجاذبية - ومضة أشعة جاما انبعثت بعد ثانيتين فقط من اندماج النجوم النيوترونية[6]. تتفق خصائص هذه الومضة عمومًا مع خصائص الانفجارات القصيرة لأشعة جاما، التي كان يُعتقد - لوقت طويل - في ارتباطها بعمليات اندماج النجوم النيوترونية[13]. وما يؤكد على أن الحدث GW170817 كان بمثابة ضربة حظ سعيدة، هو أنه قد وقع على مسافة أقرب من الأرض بأكثر من عشر مرات من أي انفجار لأشعة جاما تم قياسه من قبل[13]؛ ما سيجعل دراسته أسهل.

ومن حسن الحظ أكثر أنْ كان - على عكس اكتشافات موجات الجاذبية الثلاثة الأولى[2-4] - كاشف موجات الجاذبية "فيرجو" Virgo، وكذلك مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر "ليجو" LIGO يعملان وقت وقوع حدث GW170817. يقع كاشف "فيرجو" خارج مدينة بيزا في إيطاليا، وقد ساعدت المسافة التي يبعدها عن كواشف "ليجو" الكائنة في الولايات المتحدة -في مواقع بهانفورد، وواشنطن، وليفينجستون بولاية لويزيانا- على تحديد موقع الحدث في السماء، بنسبة شك تبلغ حوالي 30 درجة مربعة[1]، مقارنة بـ600 درجة مربعة - أو أكثر - لأول ثلاثة اكتشافات[2-4].

وقد تَبعَت اكتشاف الحدث GW170817 حملةُ متابَعة ناجحة بشكل كبير جدًّا، وردت نتائجها في البحوث المنشورة مؤخرًا، والمذكورة هنا. وعلى سبيل المثال، يبدو بعض انفجارات أشعة جاما شديدًا للغاية، نسبةً إلى المسافة التي تبعدها عن الأرض. كما تشير نماذج راسخة إلى أننا نرصد الأشعة بتلك الدرجة من الشدة، بسبب أن خط بصرنا قريب من محور نفثة محاذية بإحكام من مواد تتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء، في حين أن أشعة جاما المنبعثة من الحدث GW170817 ضعيفة بشكل ملحوظ. وقد استخدم تروجا وزملاؤه[9] (انظر أيضًا المرجع 14) بيانات من مرصد تشاندرا الفضائي للأشعة السينية، لإظهار أنه يمكن فَهْم ذلك، إذا ما كنا نراقب الأمر بعيدًا عن محور النفثة المرتبطة بالحدث. ومن شأن ذلك أن يطرح احتمالًا مثيرًا للاهتمام، هو أننا نرى العديد من انفجارات أشعة جاما تبدو خافتة، ليس لأنها قادمة من على بُعد، لكنْ لأننا نرصدها من زاوية غير مواتية.

خلال السنوات القليلة الماضية، ظهرت مجموعة متنامية من الأعمال النظرية، التي تتنبأ بأن اندماج أنظمة ثنائية من نجوم نيوترونية سيَنتُج عنه تدفق من المواد التي ينبعث منها ضوء بصري وأشعة تحت حمراء بشكل متميز، لأن عمليات الاندماج تلك تكون فوضوية، إذ إنّ كمية صغيرة من المادة الغنية بالنيوترونات في النجوم يُعتقد أنها تُقذَف على طول المستوى المداري للنظام، حيث تندمج النيوترونات والبروتونات؛ لتكوين عناصر ثقيلة، وبقيامها بذلك.. تنتج وهجًا مميزًا لها. وقد ذكر أركافي وزملاؤه[7]، وبيان وزملاؤها[8]، وسمارت وزملاؤه[10] اكتشافهم هذه البصمة المميزة المرتبطة بالحدث GW170817.

ووِفق ما استعرض كاسن وزملاؤه[11]، كانت التنبؤات السابقة تنص على أن تدفق المادة للخارج على طول المستوى المداري مِن شأنه أن يؤدي إلى ارتفاع وانخفاض مستويات الانبعاث على مدار عدة أيام، لتصل إلى أعلى مستوى لها في منطقة الأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي[15]، إلا أن بعض الأبحاث قد رجح أنه في حالة حدوث تدفق عمودي إلى الخارج تقريبًا على المستوى المداري، ستتفاعل جسيمات النيوترينوات الناتجة عن عملية الاندماج مع التدفق، وتقلِّل عدد النيوترونات. ومقارنة بحالة التدفق للخارج على طول



الشكل 1 | اندماج نظام ثنائي من النجوم النيوترونية. تم رصد موجات جاذبية صادرة عن اندماج نجمين نيوترونيين يتحركان في مدار[1]. وعلى عكس الاكتشافات السابقة لموجات الجاذبية[2-5]، فقد تم رصد هذا الحدث عبر الطيف الكهرومغناطيسي. رصد تليسكوب "فيرمي" الفضائي لأشعة جاما ومضة من أشعة جاما، بعد ثانيتين فقط من عملية اندماج النجمين النيوترونيين[6]. وتتوافق تلك الومضة مع انفجار كوني، يُدعى "انفجار أشعة جاما"، يَنتُج عن نفثة من مواد مقذوفة محاذية بإحكام، رُصدت - في الغالب - من اتجاه آخر غير محور النفثة. وبالإضافة إلى ذلك.. أوردت خمسة أبحاث[7-11] انبعاث أشعة سينية، وضوء بصري، وأشعة تحت حمراء من النجوم النيوترونية المندمجة. ويُعتقد أن المستوى الأعلى من الانبعاث للأشعة السينية والضوء البصري (موضحَين باللون الأزرق) كان ناتجًا من مواد مقذوفة بشكل عمودي تقريبًا على المستوى المداري للنظام الثنائي الأصلي. وعلى عكس ذلك، يُعتقد أن المستوى الأعلى من الأشعة تحت الحمراء (موضَّحة باللون الأحمر) ناتج من مواد مقذوفة على مسافة أقرب من المستوى المداري.

المستوى المداري، قد يؤدي ذلك إلى إنتاج عناصر أخفّ، مثل الحديد[16]؛ ما سيؤدي بدوره إلى ارتفاع وانخفاض الانبعاث بوتيرة أسرع، وسيرى بعض المراقبين أنه يرتفع إلى أعلى مستوياته في نطاق الضوء البصري.

أما الشيء الذي توصَّل إليه أركافي وزملاؤه، وبيان وزملاؤها، وسمارت وزملاؤه، فهو مزيج بين هذين السيناريوهين. فقد شُوهد كل من الارتفاع والانخفاض السريعين، والارتفاع إلى أعلى مستوى في نطاق الضوء البصري. وإضافة إلى ذلك، فإن سرعة المقذوفات (20% تقريبًا من سرعة الضوء) وكتلتها (نسبة ضئيلة من كتلة الشمس) تتوافقان مع عمليات المحاكاة العددية لاندماج النجوم النيوترونية المزدوجة. وبالتالي، فإن البحوث الثلاثة تتفق على أن المرحلة الأولى – على الأقل - من التدفق المرصود للخارج تهيمن عليها العناصر الأخفّ وزنًا. وفيما يتعلق بالتطور اللاحق لذلك، لم يتم التوصل بعد إلى إجماع للآراء، إذ وجد سمارت وزملاؤه أنه حتى مرور حوالي أسبوعين من عملية الاندماج، يمكن تفسير نطاقات الضوء البصري والأشعة تحت الحمراء القريبة المرصودة بأكملها بتكوين العناصر الأخَفّ وزنًا. في حين ترجِّح بيان وزملاؤها، وكاسن وزملاؤه (انظر أيضًا المرجعين 17 و18) ظهور انبعاث مكوَّن من عناصر ثقيلة في تلك الأثناء.

ومن المشكلات الكبيرة التي تظهر جليَّة، مصدر عناصر عملية التقاط النيوترون السريعة، المسماة "العملية آر." r-process، حيث إن (أكثرها إثارة لاهتمام معظم الناس هو الذهب). تمت تسمية العناصر بهذا الاسم، لأنه من الممكن إنتاجها فقط في بيئات غنية جدًّا بالنيوترونات، حتى إن النيوترونات تندمج مع النوى بشكل أسرع (ومن هنا جاءت التسمية بحرف "آر."، وهو الحرف الأول من الكلمة الإنجليزية "rapid"، وتعني "السريع") من اضمحلال النوى إلى نظائر مستقرة. وقد رجحت أعمال سابقة أن المستعرات العظمى هي مصادر تلك العناصر، لكن على مدار السنوات القليلة الماضية، مالت التحليلات في ذلك إلى عمليات اندماج الأجسام المدمجة، مثل النجوم النيوترونية، باعتبارها المصانع الأولية لعمليات "آر"، وهي (فكرة تم طرحها للمرة الأولى في المرجع 19).

ونظرًا إلى ما تَقدَّم من أسباب، يقدِّم الحدث GW170817 فرصة رائعة لإحداث تطوُّر كبير في مجالات متعددة في الفيزياء والفيزياء الفلكية، ويستثير شغفنا بالاكتشافات العديدة المتوقعة لعمليات اندماج النجوم النيوترونية في حملات مستقبلية.. فدَعُونا نرى ما تخبئه لنا الطبيعة بعد ذلك. ■

إم. كولمان ميلر يعمل في قسم علم الفلك ومعهد علوم الفضاء المشترك، بجامعة ميريلاند، كولدج بارك، ميريلاند 20742-2421، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: miller@astro.umd.edu

1. LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration *GCN Circ.* 21509 (2017).
2. Abbott, B. P. *et al. Phys. Rev. Lett.* **116,** 061102 (2016).
3. Abbott, B. P. *et al. Phys. Rev. Lett.* **116,** 241103 (2016).
4. Abbott, B. P. *et al. Phys. Rev. Lett.* **118,** 221101 (2017).
5. Abbott, B. P. *et al. Phys. Rev. Lett.* **119,** 141101 (2017).
6. Connaughton, V. *GCN Circ.* 21506 (2017).
7. Arcavi, I. *et al. Nature* **551,** 64–66 (2017).
8. Pian, E. *et al. Nature* **551,** 67–70 (2017).
9. Troja, E. *et al. Nature* **551,** 71–74 (2017).
10. Smartt, S. J. *et al. Nature* **551,** 75–79 (2017).
11. Kasen, D., Metzger, B., Barnes, J., Quataert, E. & Ramirez-Ruiz, E. *Nature* **551,** 80–84 (2017).
12. Berti, E. *et al. Class. Quantum Grav.* **32,** 243001 (2015).
13. Berger, E. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **52,** 43–105 (2014).
14. Margutti, R. *et al. Astrophys. J.* http://dx.doi.org/10.3847/2041-8213/aa9057 (2017).
15. Wollaeger, R. T. *et al.* Preprint at https://arxiv.org/abs/1705.07084 (2017).
16. Metzger, B. D. *Living Rev. Relativ.* **20,** 3 (2017).
17. Cowperthwaite, P. S. *et al. Astrophys. J.* http://dx.doi.org/10.3847/2041-8213/aa8fc7 (2017).
18. Chornock, R. *et al. Astrophys. J.* http://dx.doi.org/10.3847/2041-8213/aa905c (2017).
19. Lattimer, J. M. & Schramm, D. N. *Astrophys. J.* **192,** L145–L147 (1974).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الفيزياء الفلكية

النجوم الأشقاء تقترب من بعضها البعض مع تقدُّمها في السن

غالبًا ما تَقترِن النجوم عالية الكتلة ببعضها البعض؛ لتكوِّن أنظمة ثنائية. تكشف الأرصاد أن النجوم في تلك الأنظمة تُولَد على مسافات من بعضها البعض أبعد مما كان يُعتقد سابقًا؛ ما يسلط الضوء مجددًا على نِقاش دائم حول مسألة تَكَوُّن النجوم.

آرون إم. جيلر

إنّ النجوم التي تزيد كتلتها على كتلة الشمس بثماني مرات غالبًا ما يتم العثور عليها في أنظمة ثنائية، حيث يدور نجمان حول مركز الكتلة المشترك بينهما. تخوض تلك النجوم عالية الكتلة حيوات سريعة وعنيفة، وتمدّ الكون بجزء كبير من عناصره الثقيلة، ويمكنها أن تصبح أسلافًا لأنظمة ثقوب سوداء ثنائية تنتج موجات الجاذبية[1] (gravitational waves). ففي بحث نُشر في دورية "أسترونومي آند أستروفيزكس" *Astronomy & Astrophysics*، أعلن سانا وزملاؤه[2] أن النجوم عالية الكتلة في الثنائيات اليافعة لها فترات مدارية أطول من مثيلاتها في الثنائيات الأكثر قِدمًا. ويمكن استخدام هذه النتائج لاختبار التنبؤات المبنية على نظريات تكوُّن النجوم عالية الكتلة، وهي تشير إلى أن الآليات ربما تعمل على تقليل الفترات المدارية للنجوم داخل الثنائيات في أثناء مرحلة شبابها.

تتكوّن نجوم عديدة في مجموعات تُعرف بالحشود النجمية، تكون - في بادئ الأمر - مخبأة وسط سحب غازية كثيفة. ونادرًا ما تتكوّن النجوم عالية الكتلة، وعادة ما تكون أعمارها أقصر ألف مرة من أعمار النجوم المشابِهة لشمسنا[3]. وعندما تتقدم النجوم عالية الكتلة في العمر بشكل كافٍ، تقوم رياحها، والتدفق الخارج منها، والانبعاثات فوق البنفسجية، ومستعراتها العظمى اللاحقة بإزالة الغاز؛ ما يتيح للتليسكوبات الضوئية رؤيتها، إلا أن غالبية النجوم بعيدة للغاية، بحيث لا يمكننا التمييز (أو الفصل) بين نجمين متقاربين في نظام ثنائي في صورة.

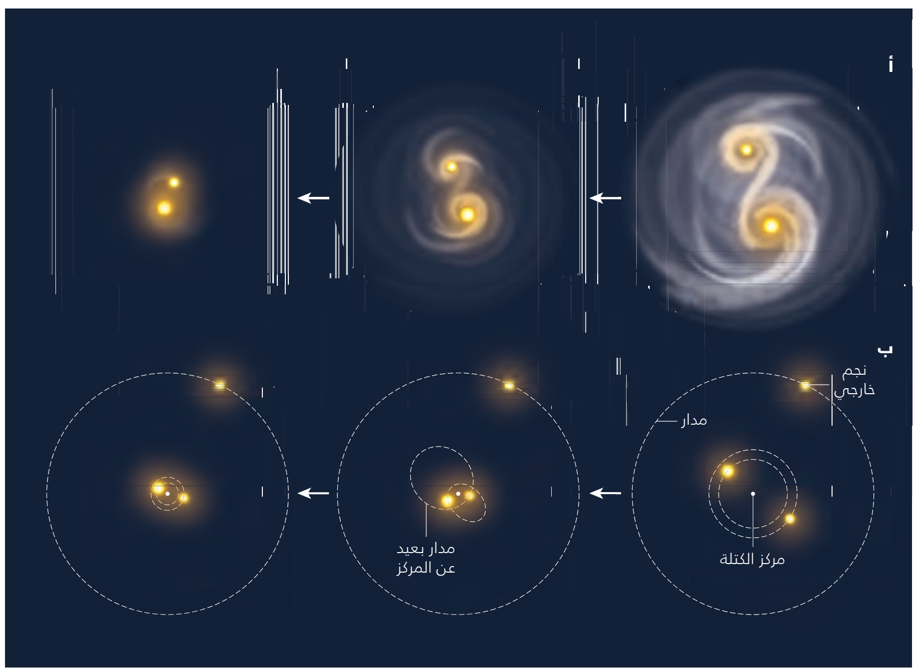
لذلك، فإنه تَحَدٍّ أن يتم العثور على نجوم عالية الكتلة، يمكن رصدها بالتفصيل في أثناء تكوُّنها، أو بعد ذلك مباشرة[4]. ومع ذلك، فإنّ فَهْم ولادة تلك النجوم أمر ضروري في جزء كبير من مجال الفيزياء الفلكية، وقد تم طرح ومناقشة مجموعة من النماذج النظرية لعملية تكوُّنها. ومن ثم، فإن رَصْد النجوم عالية الكتلة في الثنائيات أمر ضروري، لإثبات أو استبعاد بعض هذه النماذج.

ولتحقيق هذه الغاية، قام سانا وزملاؤه بدراسة عيِّنة مكونة من 11 نجمًا من النجوم عالية الكتلة، واليافعة للغاية (أعمارها أقل من مليون سنة)، في منطقة التكوين النجمي الضخمة M17 – في سديم "أوميجا"، في كوكبة القوس. وهذه عينة صغيرة الحجم، مقارنة بعينات العديد من الدراسات الفلكية الأخرى، ولكنها واحدة من الأكبر من نوعها.

وقد قام الباحثون بقياس طيف كل نجم؛ لتحديد انحراف "دوبلر"؛ وهو السرعة نصف القطرية التي يتحرك بها النجم مقتربًا أو مبتعدًا عن الراصد وقت الرصد. وحتى إنْ كانت النجوم داخل أحد الثنائيات لا يمكن الفصل بينها في الصورة، يمكن الكشف عنها من خلال انحرافها عن متوسط السرعة نصف القطرية للحشد النجمي الذي وُلدت فيه، والذي هو مطبوع على الطيف المرصود للنجم الثنائي. وتَنْتُج هذه الانحرافات عن الحركة المدارية الدورية التي يكملها كل نجم مرافق خلال "عام" دورانه حول مركز الكتلة في الثنائي. وإذا تَساوَى كل شيء آخر، فستكون للثنائيات التي لها فترة مدارية قصيرة (وبالتالي مسافة متوسطة صغيرة بين النجمين) انحرافات عالية المدى في السرعة نصف القطرية. لذلك، فإن قياس توزيع السرعات نصف القطرية لعينة من النجوم يوفر معلومات عن نسبة النجوم التي تُوجَد في ثنائيات، ونسبة الثنائيات التي لها فترة مدارية محددة.

وقد وجد سانا وزملاؤه أن توسُّع نطاق السرعات نصف القطرية لعَيِّنتهم من النجوم اليافعة عالية الكتلة محدود بشكل مفاجئ؛ فهو حوالي خُمس ذلك المرصود للنجوم الأقدم ذات الكتل المشابِهة[5]. وقد أثبتت دراسات سابقة[6،7] أن نسبة عالية من النجوم الأقدم عالية الكتلة تُوجَد في ثنائيات؛ فحوالي 20% منها لها فترات مدارية أقل من أسبوع، و40–50% لها فترات مدارية أقل من شهر. يرى سانا وزملاؤه بأنه إذا كانت نسبة الثنائيات متشابهة لكل من النجوم الأحدث والأقدم، إذن فالثنائيات الأحدث لابد أن لها فترات مدارية أطول من 47 يومًا (بنسبة دقة تبلغ 95%)، حتى إنه من المحتمل أن تتخطى 8 أعوام.

ويجب أن أنوِّه هنا بأن علماء الفيزياء الفلكية في العموم يفضِّلون استخلاص الاستنتاجات فقط عندما يكون مستوى الدقة بالتحليل أكبر من 99.7%. وقد يوفِّر المزيد من عمليات الرصد أو التحليل بيانات ترفع من الدلالة الإحصائية للنتيجة التي توصَّل إليها سانا وزملاؤه. ومع ذلك، فإن التقسيمات المقترَحة للفترات المدارية تتوافق مع المسافات المدارية في نطاقات حجمية غالبًا ما ترتبط بنجوم عالية الكتلة في أثناء تكوُّنها. فلنفترِض - على سبيل المثال - وجود نجم يافع (لا يزال ينكمش) عالي الكتلة، وُلِد بنصف قطر يبلغ حوالي 100 أمثال نصف قطر الشمس. إذا ما وُلد نجم مرافق له في الوقت نفسه؛ فستكون أصغر مسافة يبعدها عن النجم الأول حوالي 100 نصف قطر شمسي أيضًا، أي ما يعادل فترة مدارية تبلغ حوالي 50 يومًا. وإضافة إلى ذلك، تتنبأ غالبية النظريات بأن الأقراص الغازية (التراكمية) تتكوّن حول النجوم عالية الكتلة؛ ويمكن لنجم مُرافِق أن يتكوّن داخل القرص، أو في مكان آخر، ثم يتم أَسْره لاحقًا خارج حافة القرص مباشرةً[8]. ويمتد أول قرص يتم رصده من هذا النوع إلى نصف قطر، تدور عنده الجسيمات على فترة مدارية تبلغ تقريبًا 8 أعوام.



الشكل 1 | آليتان محتمَلتان لتقليل المسافة الفاصلة بين النجوم عالية الكتلة في الأنظمة الثنائية. أ، إذا تكوَّن نجم عالي الكتلة داخل قرص من الغاز والجسيمات الصغيرة، يمكن حينها لنجم مُرافِق - أو عدد من النجوم المُرافِقة - أن يتكوّن على بُعد مسافة كبيرة نسبيًّا من النجم الأول. وتتسبب التفاعلات بين النجوم والقرص في تحرك النجوم نحو بعضها. وفي النهاية، يتشتت القرص، أو يندمج مع النجوم؛ ما يخلِّف نظامًا ثنائيًّا أكثر إحكامًا. لا يتضح أن أحجام النجوم تتناسب مع القرص والمدارات. **ب،** هناك ثنائيات عديدة مكوَّنة من نجوم عالية الكتلة، يدور حولها نجم ثالث خارجي (موضح هنا على مسافة من النجوم الأخرى، أصغر بكثير من تلك الموجودة في الثلاثيات التي تم رصدها). يمكن لاضطرابات الجاذبية، الناتجة عن النجم الخارجي، أنْ تجعل مدار الثنائي أكثر بعدًا عن المركز، بحيث تقترب نجوم النظام الداخلي من بعضها البعض أكثر. ويمكن للمَدّ والجَزْر الذي يحدث في النجوم الثنائية أن يتسبب في تبديد الطاقة في أثناء هذا الاقتراب الشديد؛ ما يقلص مداراتها، ويقودها للتحرك نحو بعضها البعض. إنّ الآليَّتين الموضَّحتَين في (**أ**، و**ب**) قد تفسِّران - على الأقل جزئيًّا - ما رصده سانا وزملاؤه[2] بأن النجوم عالية الكتلة في الثنائيات اليافعة لها فترات مدارية أطول من تلك في الثنائيات الأقدم.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وإذا كانت نتائج سانا وزملائه أكيدة، فإنها تدعم النظريات التي تنص على أن النجوم عالية الكتلة تتكوّن في ثنائيات عريضة نسبيًّا (أي تلك التي لديها فترات مدارية طويلة)، لكن كيف يمكننا تقبُّل حقيقة أن النجوم عالية الكتلة في الثنائيات الأقدم أقرب لبعضها البعض من مثيلاتها في الثنائيات الأحدث؟ أحد التفسيرات المحتملة لذلك هو أن النجوم عالية الكتلة تتحرك في اتجاه بعضها البعض، من خلال تفاعلاتها مع الغاز، أو الأجسام الصغيرة في القرص التراكمي المحيط، عند اقتراب نهاية عملية تكوُّن النجوم (الشكل -1أ).

وهناك دليل آخر، يتمثل في حقيقة أن ثلث الثنائيات – على الأقل - التي تتألف من نجوم عالية الكتلة، هي أعضاء في أنظمة نجمية ثلاثية[4,6] (وربما تكون هناك ثنائيات أكثر من ذلك بكثير في مجموعات ثلاثية، لم يتم رصدها حتى الآن). فالاضطرابات في الجاذبية الناتجة عن نجم ثلاثي خارجي يمكنها أن تخلق ممرًّا تقاربيًّا بين النجوم في ثنائي داخلي. وإذا اقتربت نجوم الثنائي بقدر كافٍ، يمكن لأحد النجمين أن يؤدي إلى حدوث مَدّ وجَزْر على نجمه المُرافِق، بطريقة مشابهة لتلك التي يؤدي بها القمر لحدوث مَدّ وجَزْر في المحيطات على الأرض. وقد يتسبب الاحتكاك الذي ينتج عن ارتفاع وهبوط انتفاخات المَدّ والجَزْر النجمية في تبدد كمية من الطاقة تكفي لتقليص مدار الثنائي الداخلي (الشكل -1ب). وقد استُخدمت هذه الآلية لتفسير[9] كيف يمكن للثنائيات الداخلية العريضة التي تحتوي على نجوم حديثة التكوّن شبيهة بالشمس أن تتحول إلى ثنائيات أقدم بمسافات فاصلة أصغر كثيرًا[10]. ويتنبأ هذا النموذج أيضًا بأن نسبة الثنائيات التي لديها مُرافِق نجمي ثلاثي أكبر في تلك الثنائيات ذات الفترات (الداخلية) الأقصر، مثلما لُوحظ بالفعل في حالة النجوم الشبيهة بالشمس[11].

إن معرفة نسبة النجوم عالية الكتلة الموجودة في الثنائيات والثلاثيات، بالإضافة إلى فتراتها المدارية، سوف تكون بمثابة مفتاح للكشف عن تفاصيل عملية تكوُّنها. كما إنّ هناك حاجة إلى إجراء عمليات رصد إضافية مبنية على نتائج سانا وزملائه، وقد تساعد أخيرًا في حسم الجدل حول كيفية تكوُّن النجوم عالية الكتلة. وفي تصوُّري، مِن المحتمَل أن تكُون هناك عمليات تَكَوُّن متعددة ضرورية؛ لتفسير جميع الأرصاد. ■

آرون إم. جيلر يعمل في "مركز الاستكشاف والبحث متعدد التخصصات في الفيزياء الفلكية" CIERA، وفي قسم الفيزياء وعلم الفلك، جامعة نورث وسترن، إيفانستون، إلينوي 60208، الولايات المتحدة الأمريكية، وفي قبة "أَدْلَر" السماوية، شيكاغو، إلينوي.
البريد الإلكتروني: a-geller@northwestern.edu

1. Abbott, B. P. *et al. Phys. Rev. Lett.* **116,** 061102 (2016).
2. Sana, H. *et al. Astron. Astrophys.* **599,** 9 (2017).
3. Paxton, B. *et al. Astrophys. J. Suppl.* **208,** 4 (2013).
4. Zinnecker, H. & Yorke, H. W. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **45,** 481–563 (2007).
5. Bosch, G., Selman, F., Melnick, J. & Terlevich, R. *Astron. Astrophys.* **380,** 137–141(2001).
6. Sana, H. *et al. Astrophys. J. Suppl.* **215,** 15 (2014).
7. Kobulnicky, H. A. *et al. Astrophys. J. Suppl.* **213,** 34 (2014).
8. Kraus, S. *et al. Nature* **466,** 339–342 (2010).
9. Fabrycky, D. & Tremaine, S. *Astrophys. J.* **669,** 1298–1315 (2007).
10. Raghavan, D. *et al. Astrophys. J. Suppl.* **190,** 1–42 (2010).
11. Tokovinin, A., Thomas, S., Sterzik, M. & Udry, S. *Astron. Astrophys.* **450,** 681–693 (2006).

رياضيات

منبوذ يجد مأوى

يُعتبر "المنبوذون" pariahs لبنات أساسية لفرع من الرياضيات، يُطلق عليه "نظرية الزُّمَر". ولم يكن يبدو أن هناك علاقة تربطهم بالفيزياء وغيرها من مجالات الرياضيات، لكنْ تم مؤخرًا اكتشاف وجود هذه العلاقة.

تيري جانون

فكرة الزمرة هي في صميم مجال الرياضيات؛ فهي ببساطة مجموعة من الإجراءات، يُطلق عليها اسم "عناصر". وعلى سبيل المثال، يشكل تناظر مثلث متساوي الأضلاع زمرة من ستة عناصر (ثلاثة انعكاسات، وثلاثة دورانات)، ويشكّل خلط 52 ورقة كوتشينة زمرة تحتوي على حوالي 8×10^{67} عنصر (وهي الأساليب المختلفة التي يمكن ترتيب الأوراق بها). وإذا كان هناك أمر جوهري في مجال الرياضيات، فإنه عادة ما يكون جوهريًّا أيضًا في مجال الفيزياء. وبالفعل، تُعتبر زمرة "لورنتز" هي في صميم نظرية النسبية الخاصة لآينشتاين، وتعد زمرة القياس هي أساس النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات[1]. إلا أن هناك زُمَرًا معينة، يُطلق عليها اسم "المنبوذين" أو pariahs، كان يُعتقد أن ليس لها صلة بعالَم الفيزياء، لكنْ في بحث نُشر مؤخرًا بدورية "نيتشر كوميونيكيشنز" *Nature Communications*، كتب دنكان وزملاؤه[2] عن اكتشاف صلة من هذا النوع، ما قد تكون له انعكاسات على مجالي الرياضيات، والفيزياء.

يتم تحديد نقاط على مساحة مسطّحة، من خلال الإحداثيين "س" و"ص" الخاصين به. ولأن هذين الإحداثيين هما بمثابة زوج من الأرقام، يمكن الإشارة إلى المسطح بأنه ثنائي النطاق (2-space). وبالمثل، يمكننا أن نتحدث عن شيء ثلاثي النطاق (إذا أدرجنا بُعْدًا ثالثًا)، ورباعي النطاق (إذا أدرجنا الزمن أيضًا)، وهكذا. ويمكن للزمر العمل على نطاق بعدد n (حيث n هو أي عدد بين 1، واللانهاية)، من خلال إعادة قياس النقاط مثلًا، أو تدويرها، أو عكسها. هذه الإجراءات أو العناصر - المعروفة بأنها أشكال تمثيل - مفهومة جيدًا، وقابلة للحوسبة، وهي تبرز في العديد من مجالات الرياضيات والفيزياء. على سبيل المثال، كل جسيم في فيزياء الطاقة العالية يقابله تمثيل لزمرة "لورنتز"[1].

يفكر البشر بشكل اختزالي؛ إذ نتمكن من فهم شيء معقد من خلال مكوّناته الأساسية. فمثل تجميع وتركيب مكعبات "ليجو"، يمكن الحصول على زمرة كبيرة عن طريق تجميع وتركيب زُمر أصغر (وعادةً أبسط). نقوم بذلك من خلال وضع الزمر الأصغر جنبًا إلى جنب، ثم السماح لها بالاتصال مع بعضها البعض، من خلال اتصال أحادي الاتجاه، ما يماثل تركيب سنون أحد مكعبات "ليجو" في الجانب السفلي لمكعب آخر. والمثال النموذجي لذلك هو جمع أعداد متعددة الأرقام، فعند جمع 27 و45، نقوم أولًا بجمع 7 و5 في عمود واحد؛ لنحصل على العدد 12، ثم "ننقل" الرقم 1 ونجمعه مع الأعداد 2 و4 في العمود الثاني. وبذلك، فنكون قد قمنا بتركيب نسختين مما يُعرف باسم زمرة الجَمْع "مودولو 10"، (نسخة واحدة لكل عمود)، مع حدوث اتصال أحادي الاتجاه، عن طريق عملية "نقل" الرقم.

ومثلما يمكننا كتابة أي عدد كمضروب من أعداد أولية (على سبيل المثال، $60 = 2^2\times 3\times 5$)، يمكننا أيضًا كتابة أي زمرة على شكل تركيب لما يُطلق عليها "زُمَر بسيطة". يمكن اختزال نظرية الزُّمر – إلى حد ما - في فهم الزمر البسيطة (مكعبات ليجو)، والطرق المختلفة التي يمكن تركيبها بها. كان من بين الإنجازات العظيمة في مجال الرياضيات في القرن العشرين تحديد القائمة الكاملة للزمر البسيطة، التي تحتوي على عدد محدود من العناصر[3]. كل هذه الزمر تقريبًا تنتمي إلى واحدة من 18 "عائلة لانهائية"، فعلى سبيل المثال، تتكون الزمرة البسيطة رقم n في إحدى العائلات من نصف الطرق التي يمكن بها ترتيب عدد n من أوراق اللعب، إلا أن هناك أيضًا 26 زمرة معزولة، يُطلق عليها اسم "المتفرّقات".

يتعلق عمل دنكان وزملائه بهذه المتفرّقات. أكبرها يُعرف بـ"الوَحْش"، أو the monster، إذ يحتوي على حوالي 8×10^{53} عنصر[3]، وجميع المتفرّقات الأخرى، ما عدا 6. يُطلق على الستة الباقين مزاحًا اسم "المنبوذين" أو pariahs. كان من الممكن أن يكون كل متفرّق مفصولًا تمامًا عن جميع مجالات الرياضيات والعلوم الأخرى؛ لكن "الوَحْش" يلعب دور مهم؛ فأشكال تمثيله تظهر في الدالات القياسية.

تُعَدّ الدالات القياسية بالنسبة إلى الأعداد المركبة كالدّالات الدورية – مثل جيب الزاوية (sine)، وجيب تمام الزاوية (cosine)- إلى الأعداد الحقيقية. (الأعداد المركبة هي كميات، يُعَبَّر عنها في صورة $a + bi$، حيث a وb عددان حقيقيان، وi هو الجذر التربيعي الموجب للرقم 1-). وبشكل أدق، يمكن تصوُّر المنحنيات القائمة على الأعداد المركبة على أنها سطوح، والدالات في معظم المنحنيات المعقدة دالات قياسية. وقد أُطلق على ملاحظة أن دالات قياسية معيّنة يتم بناؤها من أشكال تمثيل "الوحش" اسم monstrous moonshine، أو "ثرثرة وحشية".

وقد كان هذا الاكتشاف غير متوقع تمامًا، إذ يفسر علماء الرياضيات في الوقت الحاضر الوجود الفعلي لهذه الملاحظة من خلال اقتراح أن هناك نظرية مجال كَمِّي ثنائية الأبعاد، ترتبط بنظرية الأوتار، وتناظرها هو "الوحش". تَظهر الدالات القياسية بشكل طبيعي في نظرية الأوتار، ويرجع ذلك – جزئيًّا - إلى كون الأوتار تتتبع السطوح في أثناء تحركها. ففي عام 1998، حصل عالِم الرياضيات ريتشارد بورشيردز على ميدالية "فيلدز"، وهي تُعتبر أعلى تكريم في مجال الرياضيات؛ لإسهامه في هذا العمل[5] (وَرَدَ وَصْف القصة في المرجع 6).

على مر السنين، تم اكتشاف ملاحظات أخرى من هذا النوع (moonshines)، تربط زمر متفرّقات أخرى بدالات ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالدالات القياسية. وعلى سبيل المثال، تنطوي ملاحظة "ثرثرة ماثيو" Mathieu moonshine[7] على زمرة متفرّقة يطلق عليها البعض الزمرة الأكثر تميزًا على الإطلاق، إذ إنها تبرز في العديد من السياقات المختلفة. ويبدو أن كل هذه الملاحظات ترتبط بنظرية الأوتار، إلا أن الكيفية المحددة للارتباط تظل غامضة. والمهم أن أيًّا منها لم يتضمن المنبوذين. ما حمل علماء الرياضيات على الاعتقاد في أنه من المحتمل أن يكون هؤلاء منبوذين حقًّا، وذلك مثل مكعبات "ليجو"، التي تبدو غريبة جدًّا، حتى إنها لا تكون مناسبة تمامًا.

واستنادًا إلى عملهم السابق[8]، اكتشف دنكان وزملاؤه صلة بين أشكال تمثيل إحدى الزمر المنبوذة – تُسمَّى زمرة "أونان" O'Nan group[9] - ونظرية المنحنيات البيضاوية،

وهي منحنيات معقدة، تتخذ شكل سطوح كعك "الدونَت". لدى زمرة "أونان" حوالي 5×10^{11} عنصر[9]، وهو ما يقترب من المتوسط بالنسبة إلى زمرة منبوذة. وتعطي أشكال تمثيلها أشكالًا قياسية (ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالدالات القياسية)، تحتوي على معلومات معقدة حول المنحنيات البيضاوية.

أما ملاحظة "moonshine"، التي اكتشفها دنكان وزملاؤه، فلها نكهة مختلفة نوعًا ما عن نكهة الاكتشافات السابقة، حيث مِن الصعب - على وجه الخصوص - رؤية صلة ممكنة بنظرية الأوتار. ولذلك، لا يزال الدور الذي تقوم به زمرة "أونان" في الطبيعة غير واضح. وإضافة إلى ذلك، فإن العلاقة المحددة بين أشكال تمثيلها والمنحنيات البيضاوية تحتاج إلى المزيد من الإيضاح. ويثير اكتشاف الباحثين أيضًا مسألةً ما إذا كانت هناك ملاحظات من النوع نفسه (moonshines) للمنبوذين الآخرين، أم لا، ولكنْ سيتطلب ذلك المزيد من البحث.

من الصعب دائمًا قياس أهمية نتيجة رياضية، من دون الإدراك المتأخر، الذي يأتي بعد مرور سنوات عديدة عليها، إلا أن دنكان وزملاءه قد أشاروا إلى باب جديد. ولا نستطيع أن نجزم إنْ كان مدخلًا إلى خزانة جديدة، أم منزلًا، أم عالمًا كاملًا، لكن النتائج بالتأكيد غير متوقعة، ولن ينظر أحد إلى المنبوذين بتلك النظرة القديمة بعد ذلك. ■

تيري جانون يعمل في قسم العلوم الرياضية، جامعة ألبرتا، إدمنتون، ألبرتا T6G 2G1، كندا.
البريد الإلكتروني: tgannon@math.ualberta.ca

1. Weinberg, S. *The Quantum Theory of Fields* Vol. 1 (Cambridge Univ. Press, 2005).
2. Duncan, J. F. R., Mertens, M. H. & Ono, K. *Nature Commun.* **8,** 670 (2017).
3. Elwes, R. *Plus Mag.*; https://plus.maths.org/content/enormous-theorem-classification-finite-simple-groups (2006).
4. Conway, J. H. & Norton, S. P. *Bull. Lond. Math. Soc.* **11,** 308–339 (1979).
5. Borcherds, R. E. *Invent. Math.* **109,** 405–444 (1992).
6. Gannon, T. *Moonshine Beyond the Monster* (Cambridge Univ. Press, 2006).
7. Eguchi, T., Ooguri, H. & Tachikawa, Y. *Exp. Math.* **20,** 91–96 (2011).
8. Duncan, J. F. R., Mertens, M. H. & Ono, K. Preprint at https://arxiv.org/abs/1702.03516 (2017).
9. O'Nan, M. E. *Proc. Lond. Math. Soc.* 3rd Ser. **32,** 421–479 (1976).

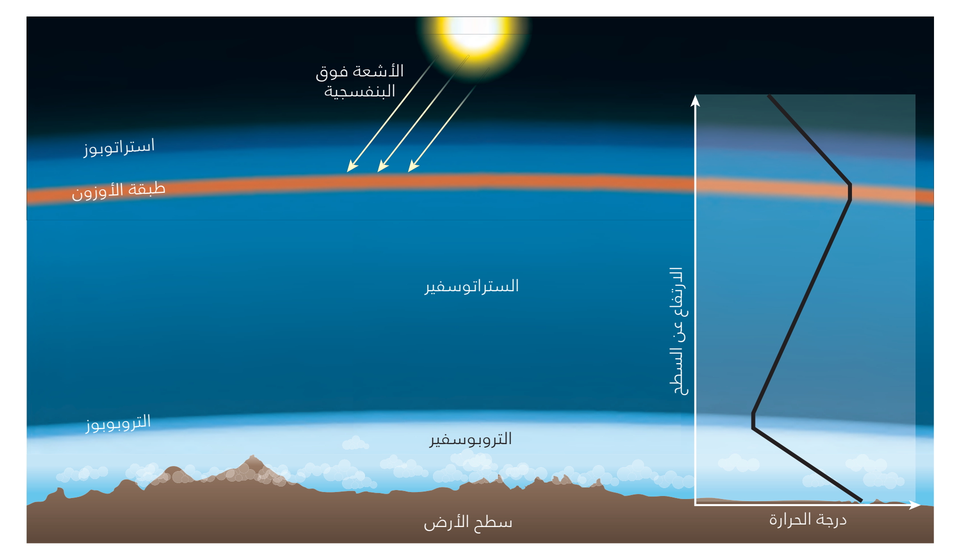
علم الفلك

طبقة شبيهة بطبقة الأوزون في الغلاف الجوي لكوكب خارج المجموعة الشمسية

طبيعة الأغلفة الجوية للكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية تثير جدلًا ساخنًا. والطيف الحراري لكوكب خارج المجموعة الشمسية، يُدعى "المُشتري الساخن"، يكشف عن وجود نظير لطبقة الأوزون الأرضية، على الرغم من أن تكوينها غير معروف.

كيفين هينج

يُعَدّ فك شفرة الخصائص الكيميائية للأغلفة الجوية باستخدام الاستشعار عن بُعد هو الحقل الجديد في علم دراسة الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية[1]. فبالنظر إلى عَجْزنا عن إتقان السفر بين النجوم، تصبح تقنية الاستشعار عن بُعد هي السبيل الوحيد المحتمل؛ لاستكشاف ما إذا كانت الكواكب خارج مجموعتنا الشمسية صالحة للسكن، أم أنها مأهولة بالفعل[2]. إن "المُشتريات الساخنة" هي فئة من الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية، التي تكون بحجم مماثل لكوكب المشتري، وفترات مدارية قصيرة (عادة ما تكون عدة أيام). تلك السمات تجعل من المشتريات الساخنة نقطة انطلاق جيدة لعلماء الفلك؛ من أجل صقل تقنياتهم الرصدية والنظرية، وهم يشقون طريقهم نحو دراسة كواكب أصغر، لها أجواء أكثر برودة. في عدد دورية *Nature* الصادر في الأسبوع الأول من شهر أغسطس الماضي، يشير إيفانز وزملاءه[3] إلى رصد الماء في الطيف الحراري لكوكب المُشتري الساخن، المسمى WASP-121b. يشير هذا الاكتشاف إلى أن الكوكب WASP-121b يحتوي على ما يشبه طبقة الأوزون الأرضية، على نحو يجعل الغلاف الجوي لهذا الكوكب يتسم بحدوث ظاهرة الانقلاب الحراري؛ التي تزداد فيها درجة الحرارة كلما ارتفعنا عن السطح.



الشكل 1 | الانقلاب الحراري في الغلاف الجوي. تنقسم طبقة الغلاف الجوي السفلي فوق سطح الأرض إلى منطقتين مختلفتين: التروبوسفير، والستراتوسفير. تحتوي منطقة الستراتوسفير على طبقة الأوزون، التي تمتص الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس. هذا الامتصاص يتسبب في تسخين طبقة الستراتوسفير؛ لتحدث ظاهرة الانقلاب الحراري، التي فيها تزداد درجة حرارة الغلاف الجوي كلما ارتفعنا عن سطح الأرض. وعلى النقيض، تنخفض درجة الحرارة كلما ارتفعنا عن السطح في طبقة التروبوسفير، بينما تكون درجة الحرارة ثابتة تقريبًا في الحدود الفاصلة، أعلى كل من التروبوسفير، والستراتوسفير (التروبوبوز، والستراتوبوز، على الترتيب). أشار إيفانز وزملاؤه[3] إلى أنه على غرار الأرض، يظهر الغلاف الجوي للكوكب WASP-121b الواقع خارج المجموعة الشمسية سمة الانقلاب الحراري، مما يشير إلى أن الغلاف الجوي لهذا الكوكب يحتوى على ما يشبه طبقة الأوزون الأرضية.

ومن أجل فهم النتائج التي توصل إليها إيفانز وزملاؤه، سيكون من المفيد أن نعقد مقارنة بكوكب الأرض (الشكل 1). تنقسم طبقة الغلاف الجوي السفلية إلى منطقتين مختلفتين، هما: التروبوسفير، والستراتوسفير. ويحتوي الجزء العلوي من طبقة الستراتوسفير على غاز الأوزون، الذي يتسم بقدرة عالية على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، القادمة من الشمس، على الرغم من وجوده بكمية قليلة نسبيًّا. يؤدي هذا الامتصاص إلى تسخين طبقة الستراتوسفير؛ فتحدث ظاهرة الانقلاب الحراري. وعلى النقيض، تنخفض درجة الحرارة في طبقة التروبوسفير كلما ارتفعنا عن السطح، بينما تكون درجة الحرارة ثابتة تقريبًا في التروبوبوز، والستراتوبوز، وهما الحدان الفاصلان أعلى طبقتي التروبوسفير، والستراتوسفير، على الترتيب. وتنتقل الحرارة عبر تيارات حمل حراري قوية في طبقة التروبوسفير، بالمقارنة بطبقة الستراتوسفير، التي تُعد هادئة نسبيًّا.

وباستخدام المقارنة بكوكب الأرض، أشار علماء الفيزياء الفلكية إلى أن المشتريات الساخنة تنقسم مبدئيًّا إلى فئتين، على حسب درجة حرارتها؛ فالفئة الأكثر حرارة تشهد ظاهرة الانقلاب الحراري، بينما الفئة الأكثر برودة لا تشهد تلك الظاهرة. يقوم هذا المقترَح على المنطق القائل إنّ أكسيد التيتانيوم (TiO)، وأكسيد الفاناديوم (VO) سيكونان بمثابة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظائر للأوزون في الأغلفة الجوية للمشتريات الساخنة[4] خارج المجموعة الشمسية. وتستمد تلك الحُجّة وَجَاهَتها من علم الفيزياء، وكذلك من القياس التمثيلي على كوكب الأرض؛ فكل من أكسيد التيتانيوم (TiO)، وأكسيد الفاناديوم (VO) يمتص الإشعاع بقوة، بدايةً من الإشعاع المرئي، حتى نطاق الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء القريبة[5]. وإضافة إلى ذلك، فإن جزيئات كلا المركّبين يتم رصدها كثيرًا في أطياف النجوم الأقل ضخامة من الشمس، وكذلك في أطياف الأقزام البُنّية[6]؛ وهي أجرام فلكية أضخم من أن تُعتبر كواكب خارج المجموعة الشمسية، وأصغر من أن تكون نجومًا قادرة على الحفاظ على استمرار تفاعلات اندماج نووي كاملة.

غير أن هذه المقارنات لها أوجه قصور، إذ يُعَدّ مصطلح "ستراتوسفير" مصطلحًا غريبًا في حالة كوكب مُشتري ساخن؛ فالكوكب يخضع لعملية تسخين مكثفة من قِبل نجمه، ويتفاوت مقدار التسخين من خط استوائه إلى قطبيه، وتَنتُج عن ذلك رياح عاتية تقلِب الغلاف الجوي العلوي بعنف[7]. وإضافة إلى ذلك، لا يزال غير معروف ما إذا كان للأقزام البُنّية والمشتريات الساخنة تُراث مشترك (مثل آلية التكون، والتاريخ التطوري، وما إلى ذلك). كما أن الاكتشافات المزعومة لأكسيد التيتانيوم وأكسيد الفاناديوم أو أحدهما تمت جميعها عند دقة طيفية منخفضة إلى حد ما، بحيث تُلبي حد القبول، ولكن بدرجات متفاوتة[8-11]، وهذا يجعلها عُرضة لجدل واسع في الأبحاث العلمية المتعلقة بظاهرة الانقلاب الحراري[12-19].

استخدم إيفانز وزملاؤه كاميرا التصوير واسع المجال رقم 3 (WFC3)، الموجودة على متن تليسكوب "هابل" الفضائي، التي تُعد الآن أفضل الأدوات المستخدَمة لرصد المياه على الكواكب الموجودة خارج المجموعة الشمسية. حصل الفريق على الطيف الحراري لكوكب WASP-121b، الذي يغطي نطاقًا من الأطوال الموجية، بدأ من 1.1 حتى 1.6 ميكرومتر. ورغم أن الدقة الطيفية كانت غير كافية لتبين خطوط الطيف المنفردة للجزيئات، فقد تمكن الباحثون من تتبُّع أشكال حدود النطاق الجزيئي؛ وهي سمات طيفية ناجمة عن التحام عدد كبير من خطوط الطيف غير الواضحة.

رصد المؤلفون حدود النطاق عند أطوال موجية تُقدر بحوالي 1.2 و 1.4 ميكرومتر. وكان حد النطاق عند 1.4 ميكرومتر ذا أهمية خاصة، حيث إنه يرتبط بوجود الماء، ويتخذ حد النطاق عند ذلك الطول الموجي شكل قمة غير حادة وليس قاعًا. فَسَّر إيفانز وزملاؤه حد النطاق هذا على أنه ناجم عن طيف انبعاث للماء وليس طيف امتصاص. وفي حالة غلاف جوي يحدث فيه انخفاض لدرجات الحرارة كلما ارتفعنا عن السطح، سيظهر الماء في طيف امتصاص. ومن أجل رؤية طيف الانبعاث، يتطلب الأمر وجود انقلاب حراري؛ ومن ثم وجود ممتص قوي للإشعاعات النجمية، التي تتسبب في تسخين الطبقة العلوية من الغلاف الجوي. أمّا حد النطاق الجزيئي عند الطول الموجي 1.2 ميكرومتر، فيتفق مع وجود أكسيد الفاناديوم، إلا أن الكشف الحاسم عن وجود ذلك الجزئ لا يزال عسيرًا. كما أن الطيف المسجَّل من قِبل كاميرا WFC3 لا يبين غياب جزيئات أكسيد التيتانيوم، أو وجودها.

ومن أجل الزعم بوجود سمة طيفية في حالة انبعاث، وليس في حالة امتصاص، يتطلب الأمر استخدام مرجع. قام إيفانز وزملاؤه بتحليل الطيف المسجَّل من قِبل كاميرا WFC3، باستخدام تقنية تُسمى "الاسترجاع الجوي". في هذه التقنية، تُعتبر وفرة الجزيئات عوامل متغيرة حرة في التحليل، أي أنه مسموح بوجود الجزيئات بمقادير غير معقولة كيميائيًّا، ثم استخدم المؤلفون الأطياف التي تم التقاطها لقزمين بُنّيين؛ ولهما تقريبًا النطاق نفسه من الأطوال الموجية لنطاق قياس WFC3، لتصبح بذلك أطيافًا مرجعية. تلك الأطياف الخاصة بالأقزام البُنّية لها سمات امتصاص عميقة بالقرب من الطول الموجي 1.4 ميكرومتر، الذي يرتبط بوجود بخار ماء ساخن في الأغلفة الجوية الخاصة بتلك الأجسام، بيد أن أحد أوجه القصور في عمل الباحثين يكمن في أن الاسترجاع الجوي لا يعامل الإشعاع، والكيمياء، والحركة الجوية بشكل متسق مع طبيعتها، إلا أن ذلك وضع وهمي، يضلل جميع الممارسين في المجال حاليًّا.

وبينما يزداد عدد مَزاعم اكتشاف جزيئات أكسيد التيتانيوم وأكسيد الفاناديوم في المشتريات الساخنة، يمكن التحقق من وجود تلك الجزيئات بوسائل أخرى. ويتم التحكم في كيمياء المشتريات الساخنة بدقة من خلال نسبة الكربون إلى الأكسجين في الكوكب[20]. وإلى جانب كونها فقيرة بالماء، وغنية بالميثان، فإن الأغلفة الجوية الغنية بالكربون تحتوي أيضًا على وفرة من غاز أول أكسيد الكربون، الذي يحتجز أغلب ذرات الأكسجين المتاحة، تاركًا القليل منها لتكوين جزيئات أكسيد التيتانيوم وأكسيد الفاناديوم. ومن ثم، إذا كانت جزيئات أكسيد التيتانيوم وجزيئات أكسيد الفاناديوم هي أشباه الأوزون في الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية، فإن الأغلفة الجوية الساخنة شحيحة الكربون هي فقط التي ينبغي أن يحدث بها انقلاب حراري. وفي ظل وجود عينة كبيرة بما يكفي من المشتريات الساخنة - التي تم قياس الأطياف الخاصة بها، واستنتاج الخواص الكيميائية لها - تكون تلك الفرضية قابلة للدحض. وإضافة إلى ذلك، فإن الانقلاب الحراري يمكن يعطل كيمياء انعدام التوزازن، مما يدفع الأغلفة الجوية إلى حالة اتزان كيميائي؛ وهي فرضية يمكن اختبارها باستخدام أطياف عالية الجودة، يجرى تحليلها باستخدام أحدث التقنيات. ■

كيفين هينج يعمل في "مركز الفضاء وقابلية الكواكب للسكن" بجامعة بيرن، 3012 بيرن، سويسرا.
البريد الإلكتروني: kevin.heng@csh.unibe.ch

1. Deming, L. D. & Seager, S. *J. Geophys. Res.* **122,** 53–75 (2017).
2. Seager, S. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **111,** 12634–12640 (2014).
3. Evans, T. M. *et al. Nature* **548,** 58–61 (2017).
4. Fortney, J. J., Lodders, K., Marley, M. S. & Freedman, R. S. *Astrophys. J.* **678,** 1419–1435 (2008).
5. Sharp, C. M. & Burrows, A. *Astrophys. J. Suppl.* **168,** 140–166 (2007).
6. Kirkpatrick, J. D. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **43,** 195–245 (2005).
7. Showman, A. P. & Guillot, T. *Astron. Astrophys.* **385,** 166–180 (2002).
8. Désert, J.-M. *et al. Astron. Astrophys.* **492,** 585–592 (2008).
9. Haynes, K., Mandell, A. M., Madhusudhan, N., Deming, D. & Knutson, H. *Astrophys. J.* **806,** 146 (2015).
10. Evans, T. M. *et al. Astrophys. J.* **822,** L4 (2016).
11. Mancini, L. *et al. Mon. Not. R. Astron. Soc.* **461,** 1053–1061 (2016).
12. Burrows, A., Hubeny, I., Budaj, J., Knutson, H. A. & Charbonneau, D. *Astrophys. J.* **668,** L171–L174 (2007).
13. Harrington, J., Luszcz, S., Seager, S., Deming, D. & Richardson, L. J. *Nature* **447,** 691–693 (2007).
14. Knutson, H. A., Charbonneau, D., Allen, L. E., Burrows, A. & Megeath, S. T. *Astrophys. J.* **673,** 526–531 (2008).
15. Charbonneau, D. *et al. Astrophys. J.* **686,** 1341–1348 (2008).
16. Madhusudhan, N. & Seager, S. *Astrophys. J.* **707,** 24–39 (2009).
17. Stevenson, K. B. *et al. Astrophys. J.* **754,** 136 (2012).
18. Line, M. R., Knutson, H., Wolf, A. S. & Yung, Y. L. *Astrophys. J.* **783,** 70 (2014).
19. Diamond-Lowe, H., Stevenson, K. B., Bean, J. L., Line, M. R. & Fortney, J. J. *Astrophys. J.* **796,** 66 (2014).
20. Madhusudhan, N. *Astrophys. J.* **758,** 36 (2012).

ملخصات الأبحاث

علم المواد

كيمياء كَمّية طوبولوجية

منذ اكتشاف العوازل الطوبولوجية وأشباه الفلزات، وهناك الكثير من البحوث حول التنبؤ والاستكشاف التجريبي لفئات مميزة من تلك المواد، حيث تؤدي طوبولوجية الأطوار الكهربية إلى أطوار سطحية نشطة، واستجابات كهرومغناطيسية قوية. ومع ذلك، فإن هذا النجاح الواضح يخفي وراءه عيبًا أساسيًّا؛ حيث لا تمثل العوازل الطوبولوجية إلا بضع مئات من أصل 200 ألف مركّب من مركّبات العناصر المتفاعلة، الموجودة في قواعد بيانات المواد. ومع ذلك، ليس واضحًا ما إذا كان ذلك العدد المنخفض مؤشرًا على الطبيعة المبهمة للعوازل الطوبولوجية، أم على وجود مشكلة جوهرية في المنهجيات الحالية المستخدَمة لإيجادها. ويقترح الباحثون نظرية نطاق إلكتروني كاملة، تأتي مكمِّلة لنظرية النطاق الإلكتروني التقليدية، مسلِّطين الضوء على العلاقة بين الطوبولوجيا، والترابط الكيميائي الموضعي. تقدم نظرية الكيمياء الكَمِّية الطوبولوجية هذه توصيفًا للخواص الكونية (عبر المواد)، الشاملة لكل البِنَى النطاقية الممكنة، والمواد (ذات الارتباط الضعيف)، يشمل وصفًا نظريًّا بيانيًّا لفضاء زخم الحركة (التبادلي)، ووصفا نظريًّا فئويًّا مكمِّلًا في الفضاء الحقيقي.

وقام الباحثون بتصنيف البِنَى النطاقية الممكنة لكل مجموعات التناظر البلورية، البالغ عددها 230 مجموعة، التي تنشأ عن مدارات ذَرِّية موضعية، وأوضحوا أيها ذات أهمية من الناحية الطوبولوجية. تسلِّط نظرية النطاق الإلكتروني هذه ضوءًا جديدًا على العوازل الطوبولوجية المعروفة، ويمكن استخدامها للتنبؤ بالمزيد منها.

B. Bradlyn *et al*.

doi:10.1038/nature23268

علم الأحياء الخلوي

بروتين "الأَجْرين" يحفِّز تجدد القلب

يتسم القلب في الثدييات البالغة بعدم القدرة على التجدد، نظرًا إلى كون الخلايا العضليّة القلبيّة خلايا تالية للتَّفتُّل. غير أن قلب الفئران حديثة الولادة قادر على التجدد، لكنْ خلال الأسبوع الأول بعد الولادة فقط. يكشف الباحثون عن أن التغيّرات في تركيب النسيج خارج الخلوي أثناء هذا الأسبوع الأول بإمكانها التأثير على نموّ الخلايا العضليّة القلبيّة في الفئران وتمايزها. وقد وجدوا أن الأَجْرين (وهو أحد مكوِّنات النسيج خارج الخلويّ في حديثي الولادة) ضروريّ؛ ليتمكن القلب في الفئران حديثة الولادة من التجدد بكامل قدرته. ومعمليًّا، يعمل الأجرين المؤتلف على تحفيز انقسام الخلايا العضليّة القلبيّة، المشتقة من الخلايا الجذعية المحفَّزة متعددة القدرات، المأخوذة من الفئران ومن البشر، من خلال آليّة تتضمّن تفكيك "معقَّد الديستروفين-البروتين السكري"، والتأشير بوساطة Yap- و ERK. أما في النسيج الحيّ، فإن إعطاء الأَجْرين لمرة واحدة يحفِّز تجدد القلب في الفئران البالغة، بعد تعرضها لاحتشاء عضلة القلب، مع أن درجة تكاثر الخلايا العضليّة القلبيّة الملاحَظة في هذا النموذج تشير إلى وجود آليات إضافيّة للعلاج. هذه النتائج مجتمعة تكشِف عن مُحَفِّز جديد لتجدُّد القلب في الثدييات، وتسلِّط الضوء على الأدوار المهمّة للنسيج خارج الخلوي في إصلاح عضلة القلب.

E. Bassat *et al*.

doi:10.1038/nature22978

تطور

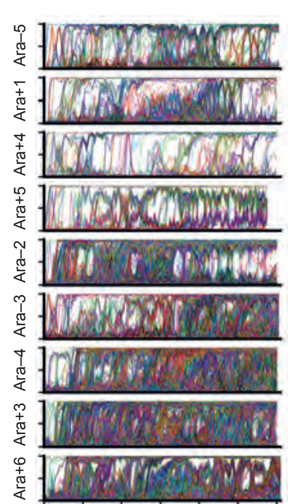
60 ألف جيل من التطور الجزيئي

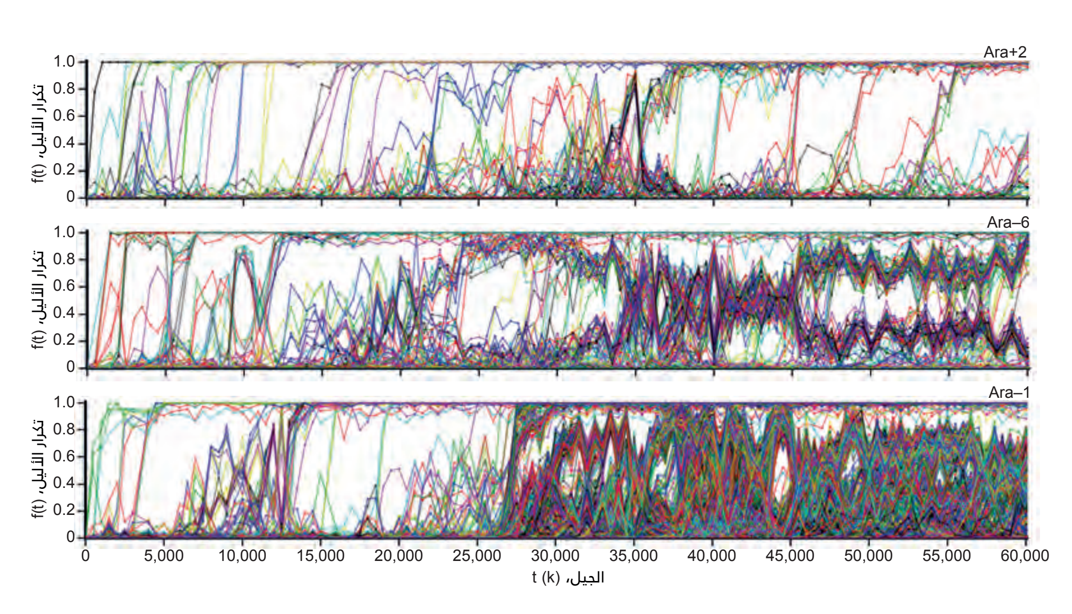
تتحدد نواتج التطور من خلال عملية ديناميكية عشوائية، تَحْكُم كيفية نشأة الطفرات وانتشارها في مجموعة ما، إلا أنه تصعب مراقبة هذه الديناميكيات بشكل مباشر على مدار فتراتٍ طويلة من الزمن، وعبر جينومات كاملة. وعليه لجأ باحثون مؤخرًا إلى تحليل ديناميكيات التطور الجزيئي في اثنتي عشرة مجموعة اختبارية من بكتيريا *Escherichia coli*، عن طريق وضع تسلسل الجينوم الكامل للجينومات البيئية على فترات مقسَّمة متتابعة، كل منها تغطي خمسمائة جيل من إجمالي ستين ألف جيل. ورغم تراجع معدّل اكتساب اللياقة بمرور الزمن، يتصف التطور الجزيئي بعلامات تشير إلى تكيّف سريع على مدى فترة التجربة، مع تنافس متغيّراتٍ عديدة مفيدة - بالتزامن - على السيادة في كل مجموعة. وتلعب التفاعلات بين العمليات البيئية والعمليات التطورية دورًا مهمًّا، فيما ينشأ تلقائيًّا شكلٌ من أشكال التعايش شبه المستقرّ طويل الأمد في أغلب المجموعات، ويستمر حدوث التطور في كل فرع من الفروع الحيوية. كما يقدِّم الباحثون أدلة على أن أهداف الانتخاب الطبيعي تتغير بمرور الزمن، فيما تؤدي عمليات كَبْت الصفات الجينية بفعل جين آخر (في عملية تُسمى epistasis)، وكذلك المصادفات التاريخية، إلى تغيير قوّة الانتخاب في جينات مختلفة. وتكشف هذه النتائج مجتمعةً أن التكيّف طويل الأمد مع بيئةٍ دائمة ربما يكون عمليّة أكثر تعقيدًا وديناميكيّةً مما كان يُفترض عادةً.

B. Good *et al*.

doi:10.1038/nature24287

الشكل أسفله | ديناميكيّات التطور الجزيئي. مسارات تكرار الأليل في جميع الطفرات الجديدة المكتشَفة في مجموعات البكتيريا الاثنتي عشرة في تجربة تطوُّر بكتيريا *E. coli* طويلة الأمد (المعروفة اختصارًا بـLTEE).





علم جينوم السرطان

الخلايا الجذعية واللوكيميا النخاعية الحادة

في المصابين باللوكيميا النخاعية الحادة، يقل احتمال البقاء على قيد الحياة لفترة طويلة، إذ ينتكس أغلب المرضى، حتى بعد التحكم في حدة المرض. وفي الماضي، كان يُعْتَقَد أن فشل العلاج يحدث بسبب الطفرات التي تولد مقاومة للعقاقير، والتي ربما تنشأ نتيجةً لخواص أدوية العلاج الكيميائي المُسَبِّبة للطفرات ؛ إلا أن أدلة أخرى أشارت إلى وجود مسبق لخلايا مقاوِمة للعقاقير. فمثلًا، ثمة أدلة مباشرة ظهرت من خلال عمليات تسلسل تفصيلية لعينات مزدوجة مأخوذة عند التشخيص والانتكاس لمرضى سرطان الدم النخاعي الحاد، تشير إلى أن الانتكاس في بعض الحالات ينشأ من نسخ فرعية جينية صغرى،تكون موجودة عند التشخيص، وتنجو من العلاج الكيميائي. ويشير ذلك إلى أن الخلايا المقاوِمة تتولد من خلال العمليات التطورية التي تحدث قبل البدء في العلاج، وأنها تُستهدف بالعلاج. إلا أن آليات فشل العلاج وقدرة سرطان الدم على التجدد ما تزال غامضة، حيث إن تحليل التسلسل وحده لا يقدِّم معلومات عن أنواع الخلايا التي تتسبب في تحفيز حدوث الانتكاس. ورغم أن البعض قد ربطوا الخلايا الجذعية لسرطان الدم بحدوث الانتكاس، بسبب خمود الخلايا، وقدرتها على التجديد الذاتي، ورغم أن بصمات التعبير الجيني للخلايا الجذعية الخاصة بسرطان الدم تنبئ بدقة بفشل العلاج، فإن الدراسات التجريبية كانت ترابطية في الأساس، ولم يثبت بشكلٍ مباشر وجود دور لتلك الخلايا في انتكاس مرضى سرطان الدم النخاعي الحاد. ومن خلال كلٍ من التحليل جيني والتحليل الوظيفي للتجمعات الثانوية المنقاة، وللطُّعم الأجنبي المأخوذ من عينات مزدوجة مأخوذة عند التشخيص والانتكاس، حدد الباحثون خلايا مقاوِمة للعلاج، كانت موجودة بالفعل عند التشخيص، ونمطين رئيسين للانتكاس. في بعض الحالات، نشأ الانتكاس من خلايا جذعية نادرة لسرطان الدم، لها نمط ظاهري يخص الخلايا الجذعية، أو السالفة المنتجة للدم، بينما في حالات أخرى نتج الانتكاس عن نسخ فرعية أكبر، من خلايا سرطان الدم الملتزمة بالنمط الظاهري المناعي، ظلت محتفظة ببصمات نسخية قوية للخاصية الجذعية. ومن شأن تحديد الأنماط المميزة للانتكاس أن يؤدي إلى الوصول إلى أساليب أفضل لمكافحة ومراقبة المرض في حالات سرطان الدم النخاعي الحاد. وإضافة إلى ذلك، فإن الخصائص الجذعية الوظيفية والنسخية المشتركة، التي تكمن وراء المنشأين الخلويين لحدوث الانتكاس، تؤكد على أهمية تطوير وسائل علاجية جديدة تستهدف الخاصية الجذعية، لمنع حدوث انتكاس.

L. Shlush *et al*.

doi:10.1038/nature22993

الفيزياء النووية

استقطاب هيبرون لامدا العالمي

تُنتج الكثافات العالية جدًّا من الطاقة، والتي تولدها التصادمات فائقة النسبية بين الأنوية الذرية الثقيلة، حالةً من المادة تسلك سلوك الموائع على نحو مثير للدهشة، وتتسم بدرجة حرارة عالية استثنائية، ولزوجة منخفضة بدرجة استثنائية أيضًا. للتصادمات غير المركزية عزم زاوي تبلغ شدته 1,000 تشي، وقد يتمتع المائع الناتج ببنية دوَّامية قوية يجب فهمها من أجل وصف المائع وصفًا صحيحًا. وتثير البنية الدوَّامية الاهتمام على نحو خاص؛ لأن استعادة التناظرات الجوهرية للديناميكا اللونية الكمية، يُفترض بها أن تُنتِج تأثيرات فيزيائية جديدة، في وجود دوَّامية قوية. ومع ذلك، لم يُعثَر بعد على أي إشارات تجريبية على وجود دوَّامية الموائع في التصادمات الأيونية الثقيلة. وإذ إن الدوَّامية تمثل بنية دورانية محلية للمائع، فمن الممكن أن يؤدي ازدواج اللف المغزلي المداري إلى اتجاه تفضيلي لِلَف المغزلي للجسيم، على امتداد اتجاه الدوران. ويقدم الباحثون قياسات للتراصُف بين العزم الزاوي العالمي لتصادم غير مركزي، واللف المغزلي للجسيمات المنبعثة (في هذه الحالة يحدث التصادم بين أنوية الذهب وينتج باريونات لامدا)، كاشفين عن أن المائع الناتج في تصادمات الأيونات الثقيلة، يُعَدُّ أكثر النظم التي جرى رصدها حتى الآن، من حيث الدوَّامية. (عند الطاقات العالية، يكون هذا المائع عبارة عن بلازما من الكواركات والجلونات). وقد وجد الباحثون أن كلًّا من لامدا وهيبرونات لامدا، يُظهِر استقطابًا موجبًا بمقدار بضع درجات مئوية، وهو ما يتفق مع بعض التنبؤات الهيدروديناميكية. (الهيبرون هو جسيم مكون من ثلاثة كواركات، واحد منها على الأقل كوارك غريب، والكواركان الآخران أحدهما علوي والآخر سفلي، وهي موجودة في البروتونات والنيوترونات). ويُنظَر إلى عملية قياس سابقة أفادت بوجود نتيجة صفرية، بمعنى استقطاب صفري، عند تصادمات الطاقة العالية، على أنها متسقة مع التوجُّه العام لمشاهدات الباحثين، وإن كانت تنطوي على قدر أكبر من عدم اليقين الإحصائي. وتقدم هذه البيانات مدخلًا تجريبيًّا للبنية الدوَّامية للسائل شبه المثالي، الذي يتم صنعه في تصادم للأيونات الثقيلة، ومن المفترض أن تكون ذات قيمة في تطوير نماذج هيدروديناميكية، تربط هذه المشاهدات كميًّا بنظرية القوة النووية القوية.

The STAR Collaboration

doi:10.1038/nature23004

علم البيئة

الأضواء الاصطناعيّة تهدد تلقيح النباتات

ثمّة تراجعٌ عالميّ في نشاط المُلَقِّحات، وهو ما يزيد المخاوف من تراجع مماثلٍ في دورها المهمّ في تلقيح كل من المحاصيل الزراعية والنباتات البريّة على حد سواء. وهنالك عدة عوامل بشريّة المنشأ مرتبطة بهذا التراجع، من بينها تغيّر بيئة الملقّحات، والزراعة المكثّفة، واستخدام المبيدات الحشريّات، والأنواع الغازية الدخيلة، وانتشار المُمْرِضات، والتغيّرات المناخيّة. ظهر مؤخرًا رأي يقول إن الزيادة العالميّة المتسارعة في استخدام الأضواء الاصطناعيّة ليلًا، قد يمثل تهديدًا جديدًا للنُّظُم البيئيّة الأرضيّة؛ غير أن تأثير هذه الزيادة على عمل الأنظمة البيئية ما زال غير معروف تمامًا. يكشف الباحثون عن أن استخدام الأضواء الاصطناعيّة ليلًا يُربِك شبكات التلقيح التي تنشط في أثناء الليل، ويؤثر سلبًا على نجاح التكاثر في النباتات، إذ تناقصت زيارات التلقيح الليلية، التي تقوم بها المُلَقِّحات النباتيّة، الموجودة في بيئات مضاءة اصطناعيًّا، بنسبة 62%، مقارنة بالمناطق المُظلِمة. ومن الجدير بالملاحظة، أن هذا قد تَسَبَّب في تناقص إجمالي، بمقدار 13% في إثمار نباتٍ بعينه، رغم تلقّي النبات زياراتٍ عديدة من المُلَقِّحات النهاريّة أيضًا. وإضافةً إلى ذلك، فقد وَضَّح الباحثون – عبر دمج شبكات التلقيح الفرعيّة الليليّة والنهاريّة - أن بنية هذه الشبكات المندمجة عادةً ما تُسهِّل انتقال العواقب السلبيّة لاختلال شبكات التلقيح الليليّة إلى مجتمعات المُلَقِّحات النهاريّة. تبرهن النتائج التي توصَّل إليها الباحثون على أن استخدام الأضواء الاصطناعيّة ليلًا يمثل خطرًا يتهدد عمليّة التلقيح، وعلى أنه من المتوقع انتشار الآثار السلبيّة لاستخدام الأضواء الاصطناعيّة على التلقيح الليليّ، لتمتد إلى مجتمعات المُلَقِّحات النهاريّة، ما يُفاقِم بالتالي من تراجُع نشاط المُلَقِّحات النهاريّة. يقدِّم الباحثون تفاصيل عن وظائف مجتمعات المُلَقِّحات النباتيّة، تكشف عن أن المُلَقِّحات الليلية ليست زائدة عن حاجة مجتمعات المُلَقِّحات النهاريّة، وتحسِّن فَهْمنا للتراجع بشريّ المنشأ في نشاط المُلَقِّحات، وفي دورها الذي تؤدّيه في النظام البيئي.

E. Knop *et al*.

doi:10.1038/nature23288

تنوع بيئي

التنوع البيولوجي دافعًا للإنتاجية البيئية

أشارت أكثر من 500 تجربةٍ منضبطة إلى أن فقدان التنوع البيولوجي يقلص من إنتاجية الأنظمة البيئية واستقرارها، إلا أن أهمية التنوع البيولوجي في الحفاظ على الأنظمة البيئية العالمية ما تزال محل جدل، ويرجع هذا في أغلبه إلى عدم القدرة على تأكيد المعلومات في الطبيعة، حيث المفترض أن القوى غير الحيوية القوية والتفاعلات المعقدة تطمس آثار التنوع البيولوجي. يختبر الباحثون هذا الافتراض بتحليل 133 تقديرًا مسجلًا في 67 دراسة ميدانية تفصل إحصائيًّا بين آثار التنوع البيولوجي، وآثار القوى غير البيولوجية، على إنتاج الكتلة البيولوجية. وعلى عكس الرأي الذي ساد على مدى العقدين الماضيين، القائل إن التنوع البيولوجي ضعيف، أو عديم التأثير في الطبيعة، فإن الباحثين يكشفون أن إنتاج الكتلة البيولوجية يتزايد بتزايد الأنواع البيولوجية في نطاق واسع من الأنواع البرية والأنظمة الحيوية. بل إنه بعد ضبط المتغيرات البيئية تظل الزيادة في الكتلة البيولوجية - المدفوعة بتزايد التنوع البيولوجي - أقوى في الطبيعة مما كان موثقًا في التجارب، وأثره يعادل آثار الدوافع الأخرى المعروفة للإنتاجية، بل وأقوى منها، وتتضمن هذه الدوافع الأخرى المناخ وتوافر المغذيات. تتفق هذه النتائج مع الأدلة الاختبارية الجماعية على أن ثراء الأنواع يزيد من إنتاج الكتلة البيولوجية للمجتمعات البيئية، وتشير إلى أنه يلزم إبراز أهمية دور التنوع البيولوجي في الحفاظ على إنتاجية الأنظمة البيئية، في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

السياسات وعلوم التغيير العالمية.
J. Duffy *et al.*
doi:10.1038/nature23886

سرطان

مشهد جينومي للأورام النقيلة

تُعَدّ النقائل السبب الرئيس للوفيات المرتبطة بمرض السرطان. وعلى الرغم من أن أطلس جينوم السرطان (TCGA) قد وضع تسلسلات للأنواع الأوليّة من عينات الأورام المُسْتَخْرَجة من الأورام المستأصَلة جراحيًّا، إلا أنه لا تتوافر تحليلات جزيئيّة شاملة كثيرة لعيّنات الأورام النقيلة، التي تمّ الحصول عليها إكلينيكيًّا. والآن وضع باحثون تسلسلات الإكسوم الكامل، والترانسكريبتوم الكامل لعدد 500 مريض بالغ مصاب بأورام نقيلة صلبة، متنوعة من حيث السلالات، ومَواقع جمْع العينات. ضَمَّت الجينات المُتَبَدِّلة جسمانيًّا الأكثر شيوعًا بين الأورام النقيلة: *TP53*، و*CDKN2A*، و*PTEN*، و*PIK3CA*، و*RB1*. رُصدت المُغايِرَات المُمْرِضَة المفترَضة في الخطوط النسيليّة في 12.2% من الحالات، التي كان 75% منها مرتبطًا بعيوبٍ في إصلاح الحمض النووي DNA. وقد أدمج الباحثون تسلسل الحمض النووي الريبي مع تسلسل الحمض النووي؛ لتحديد أنماط الْتِحَام الجينات، وتنشيط المسارات، وتنميط المناعة. وتكشف النتائج التي توصّل إليها الباحثون أن التحليل التكامليّ للتسلسلات يقدِّم رؤية متعددة الأبعاد، ومناسِبة للدراسات الإكلينيكية للأورام النقيلة بمشهدها الجزيئي، وبيئاتها المصغَّرة المعقدة.
D. Robinson *et al*.
doi:10.1038

الفيزياء الفلكية

تمييز مجموعات الثقوب السوداء

إن الكشف المباشر لموجات الجاذبية الصادرة من (gravitational waves) الثقوب السوداء الثنائية المندمجة يفتح نافذة جديدة للاطلاع على البيئات التي تكون فيها الثقوب السوداء الثنائية. وإحدى بصمات تلك البيئات هي التوزيع الزاوي للحركات المغزلية للثقوب السوداء. ومن المتوقع للمنظومات الثنائية المتكونة عبر تفاعلات ديناميكية بين الأجسام المدمجة مِن قَبْل أن تكون لها حركة مغزلية متسقة الاتجاهات (فالحركة المغزلية للثقوب السوداء لا تتماشى مع مدار المنظومة الثنائية)، في حين أن تلك الثقوب السوداء المتكونة من أزواج من النجوم المولودة معًا يُرَجَّح بشكل أكبر أن تكون لها حركات مغزلية تتماشى بشكل تفضيلي مع المدار. وتُعَدّ التوليفات الأفضل قياسًا لمعاملات الحركة المغزلية لكل من الكشوف الأربعة المرجحة للثقوب السوداء الثنائية (GW150914، وLVT151012، و GW151226، وGW170104) هي الحركة المغزلية "الفعالة". ويفيد الباحثون بأنه إذا كان مسموحًا لقِيَم الحركات المغزلية للثقوب السوداء أن تمتد إلى قيم مرتفعة، فإن الحركات المغزلية الفعالة لتلك المنظومات تشير إلى نسبة أرجحية تبلغ 0.015، مقابل توزيع زاوي متراص، مقارنة بمنظومة متسقة الاتجاهات. وعند النظر في تأثير عشرة كشوف إضافية، تنخفض نسبة الأرجحية تلك إلى 2.9×10^{-7} مقابل التراصف. وسيتم تأكيد توزيعات الحركة المغزلية متسقة الاتجاهات للأنظمة المرصودة، أو عكسها لصالح قيم الحركة المغزلية المنخفضة، بشكل موثوق في المستقبل القريب.
W. Farr *et al*.
doi:10.1038/nature23453

هندسة

ضخ معدن سائل عند درجات حرارة مرتفعة

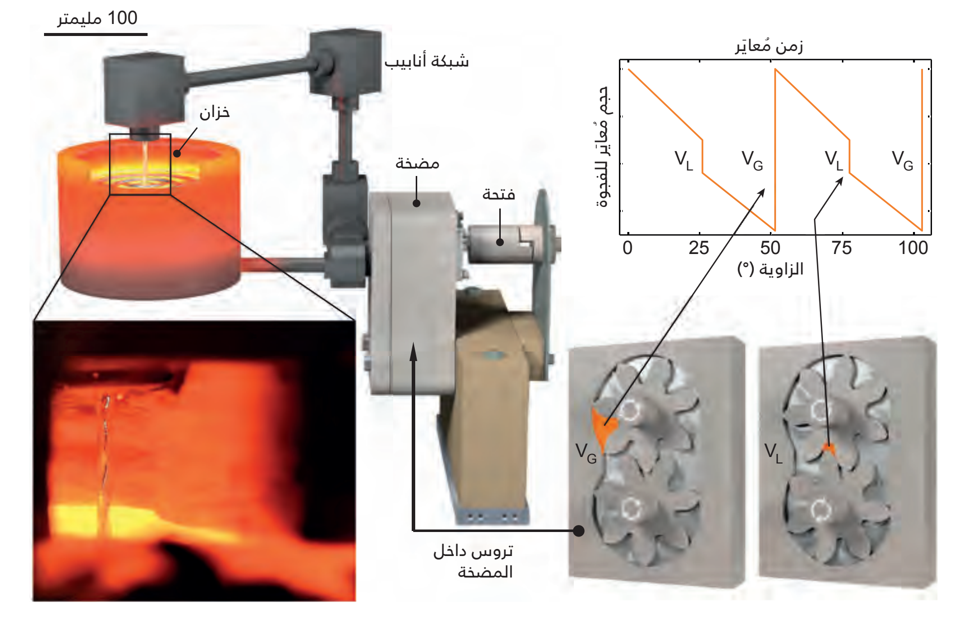
تُعَدّ الحرارة شيئًا أساسيًّا لتوليد الطاقة، وللعديد من العمليات الصناعية، وتكون في أكثر صورها إفادة عندما تصل إلى درجات مرتفعة، إذ يمكن تحويلها بشكل أكثر فعالية إلى أنواع أخرى من الطاقة. ومع ذلك، فإن عمليات نقل الحرارة وتخزينها، وتحويلها بفعالية عند درجات حرارة قصوى (أكثر من حوالي 1,300 كلفن) ليست بالأمور العملية لاستخدامها في العديد من التطبيقات. إنّ المعادن السائلة يمكنها أن تكون وسطًا فعالًا لنقل الحرارة عندما تصل إلى درجات مرتفعة، بيد أن تآكل البِنى التحتية المعدنية يعوق عملية ضخها. ومؤخرًا، وَصَف باحثون مضخة ميكانيكية من مادة السيراميك، يمكن استخدامها للتدوير المستمر للقصدير السائل عند درجات حرارة تبلغ حوالي 1,473-1,673 كلفنًا. وقد أصبح نهج ضخ المعدن السائل هذا ممكنًا، من خلال استخدام مادة السيراميك لصنع المكونات الميكانيكية، وتلك التي تُستخدم لإحكام الغلق، لكنْ نتيجة للطبيعة الهشة لمادة السيراميك، فإن استخدامها يتطلب قَدْرًا كبيرًا من الحرص في أثناء هندستها. ويمكِّن هذا الطرح من نقل الحرارة بفعالية باستخدام سائل عند درجات حرارة لم يكن من الممكن الوصول إليها في السابق، ويمكن استخدامه لتخزين الحرارة، ونقلها، ولإنتاج الطاقة الكهربائية، وللمعالجة الكيميائية، أو معالجة المواد.
C.Amy *et al*.
doi:10.1038/nature24054

الشكل أسفله | نموذج المضخة. خزّان من الجرافيت يسبق المضخة (على اليسار). تضغط التروس على السائل، مسبِّبة تدفقه عبر أنابيب الجرافيت، حيث يعود مجددًا إلى الخزان. تُظْهِر الصورة أسفل اليسار تدفق القصدير عند درجة حرارة 1,673 كلفنًا. وتم عرض نموذج لتروس المضخة على الجانب الأيمن، تظهر اتجاه الدوران، مع رسم يبين كيفية تغيُّر الحجم بالقرب من المنفذ مع الدوران. الانقطاعان هما الانتقالات التي يكتسب فيها الحجم الظاهر باللون البرتقالي (VG)، ثم يُفقد (VL). يمثل مَيْل الحجم في مقابل الزاوية أو الزمن معدل التدفق الحجمي النظري لسائل غير قابل للانضغاط.

ميكانيكا حيوية

كيف تسبح الأسماك المخططة البرقية ضد التيار

يجب على الحيوانات ضبط حركتها عند الطيران أو السباحة، لموازنة الإزاحات الناتجة عن تدفق الهواء أو المياه المحيطة بها. يمكن الكشف عن هذه الإزاحات المدفوعة بالتدفُّق بسهولة عند اعتبارها حركة بصرية كاملة المجال، في ضوء الإطار المرجعي الخاص بالحيوان. ورغم ذلك، فإن العديد من الكائنات البحرية تغيِّر وجهتها باستمرار، وتسبح ضد التيار (وهو سلوك يُعرَف بالانجذاب التياري)، حتى في غياب الإشارات البصرية. وما زال من غير المعروف كيف تتمكن الحيوانات من فعل ذلك، والأساس الحسي الكامن وراء تلك العملية. ومن ثَم يبيِّن الباحثون أنه في غياب المعلومات البصرية، تقوم الأسماك المخططة البرقية (*Danio rerio*) بالانجذاب التياري، باستخدام تدرُّجات سرعة التدفق، كإشارات ملاحية. وهم يقدِّمون في بحثهم المنشور بيانات سلوكية تبرهن على خوارزمية جديدة



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

قائمة على تدرُّجات السرعة المحلية تلك، التي تستخدمها الأسماك لتجنُّب الانجراف مع المياه المتدفقة. على وجه التحديد، يبين الباحثون أن الأسماك تستخدم خطها الجانبي الاستشعاري الميكانيكي لاستشعار التجعدات أولًا (أو الحركة الدوامية) في مجال السرعة المحلي الموجه، للكشف عن وجود تدفق؛ ثم تستخدمه لقياس التغيُّر الزمني لديها، بعد نوبات السباحة، لاستنتاج اتجاه التدفق. وتكشف تلك النتائج عن استراتيجية ملاحية رائعة، قائمة على استشعار تدرجات سرعة التدفق، وتطرح خوارزمية سلوكية شاملة - قابلة للتطبيق أيضًا في تصميم الروبوتات – تُعمم على نطاق واسع من السلوكيات الحيوانية بالموائع المتحركة.

P. Oteiza *et al*.

doi:10.1038/nature23014

علم الفلك

مستعر أعظم غير عادي

لطالما اعتُقد أن كل مستعر أعظم تم رصده حتى الآن هو أقصى انفجار ممكن للنجم. وإضافة إلى ذلك، فإن جميع المستعرات العظمى التي لديها خطوط امتصاص في الطيف الخاص بها، يظهر تناقص في سرعة خطوطها بمرور الزمن، إذ تكون المقذوفات منتشرة ورقيقة، مما يكشف عن مادة متحركة بشكل أبطأ، وهو ما كان خافيًا في السابق. وإضافة إلى ذلك، فإن كل مستعر أعظم تظهر فيه خطوط امتصاص الهيدروجين يمتلك ذروة منحنى ضوئي أساسية واحدة، أو سطوعًا ممتدًّا يدوم لحوالي 100 يوم قبل الأفول تدريجيًّا. يورِد الباحثون أرصادًا للحدث iPTF14hls، وهو حدث يمتلك طيفًا مطابقًا لمستعر أعظم منهار اللب، وغني بالهيدروجين، ولكنْ له سمات مميزة تختلف تمامًا عن تلك الخاصة بالمستعرات العظمى المعروفة، إذ يمتلك المنحنى الضوئي له ما لا يقل عن خمس قمم، ويظل ساطعًا لأكثر من 600 يوم؛ لتُظهر خطوط الامتصاص تناقصًا قليلًا أو منعدمًا للسرعة؛ ويكون نصف قطر المنطقة التي تتكون فيها الخطوط أكبر من نصف قطر الغلاف الضوئي الخاص بالانبعاث المتصل، بأكثر من قيمة أُسِّية واحدة. تتسق تلك السمات مع هيكل من عدة عشرات من الكتل الشمسية التي قذفها النجم الأصلي بمقادير من الطاقة، على مستوى طاقة المستعر الأعظم، قبل بضع مئات من الأيام من انفجار نهائي. تم تسجيل اندلاع محتمل آخَر في الموضع نفسه في عام 1954. ويُتوقَّع حدوث انفجارات متعددة عالية الطاقة سابقة للمستعر الأعظم، في النجوم البالغة كتلتها 95 إلى 130 كتلة شمسية، التي تمر بحالة تُعرف باسم المستعر الأعظم المزدوج المتقلقل النابض. ومع ذلك فإن هذا النموذج لا يؤكد الوجود المتصل للهيدروجين، ولا الطاقة المرصودة في الدراسة. قد يكون مِن المطلوب الكشف عن آلية أخرى للقذف العنيف للكتل في النجوم الضخمة.

I. Arcavi *et al*.

doi:10.1038/nature24030

الشكل أسفله | المنحنيات الضوئية الخاصة بالنجم iPTF14hls. يظهر النوع II-P من المستعر الأعظم SN 1999em في الخطوط المتقطعة إلى يمين محور الرسم البياني. تم أخذ متوسطات البيانات الخاصة باليوم نفسه، والمعدات والمرشحات نفسها؛ لغرض الوضوح. كما تمت إزاحة بيانات الحزمة i الخاصة بجهاز توزيع الطاقة الطيفية (SEDM) بمقدار 0.3+ قيم؛ لتعويض فروق الترشيح. وبصورة مغايرة لأي مستعر أعظم معروف آخر، يمتلك النجم iPTF14 hls ما لا يقل عن خمس قمم في منحناه الضوئي (عند حوالي 140 يومًا، و220 يومًا، و410 أيام بعد الاكتشاف، وقبل الاكتشاف، كما هو موضح في المنحنى الضوئي للحزمة R، وعندما كان خلف الشمس بين اليوم 260، واليوم 340 بعد الاكتشاف). تُظهِر أشرطة الخطأ انعدام يقين من الدرجة 1σ.

تطور

تطور الكائنات البحرية للجُزُر

تقدمت دراسات انتشار وتطوّر الكائنات الحيّة على جُزُر المحيطات، حتى توصلت إلى منظورٍ ديناميكي، بأن توطنها للأرض يأتي نتيجة للجوانب الجغرافيّة للجُزُر، وتاريخها الجيولوجيّ، بالاقتران مع التغيرات في مستوى سطح البحر. قد يتبع التباين على هذه الجُزُر نماذج مُحايدة، تقل بمرور الزمن مع امتلاء الفجوات البيئيّة، أو حالات عدم اتزان وقوانين الارتقاء، حيث يزداد ثراء الأنواع الحيويّة وتوطّنها مع تقدم الأرخبيل في العمر، بسبب انقسام السلالات السالفة (عملية نشوء الفروع الحيويّة). إلا أن الكائنات البحريّة لم تلقَّ الكثير من الاهتمام العلميّ، مقارنةً بغيرها، وبالتالي ما تزال العمليّات التطوريّة للجُزُر والجِبال البحرية في البيئات البحريّة غير واضحة. قام الباحثون بتحليل التاريخ التطوريّ لأسماك المرجان، المستوطنة لحَيْد بركانيّ مكوَّن من جبال بحريّة وجُزُر؛ من أجل فهم علاقتها بتطوّر الجُزُر، والتغيرات في مستوى سطح البحر. كما اختبر الباحثون مدى ملاءمة هذا التاريخ التطوري مع نظريّة الجغرافيا الحيويّة للجُزُر؛ فوجدوا أن أغلب الأنواع المستوطنة قد تطوَّرت في زمنٍ قريب (حقبة البلايستوسين)، إبان فترةٍ من التغيّرات المتكررة في مستوى سطح البحر، والاتصال المتقطع، الناجم عن تعرُّض الجبال البحريّة المتكرر للهواء؛ وهي نتيجة تتسق مع عمليّة مؤقتةٍ من التشكُّل التطوري للأنواع البيئيّة. وعلى غرار نتائج التنوع الحيوي على الأرض، تشير البيانات التي جمعها الباحثون إلى أن معدل التشكُّل التطوري لأنواع الكائنات البحريّة على الجُزُر يتناسب تناسبًا عكسيًّا مع معدَّل الهجرة. ولأنّ الأنواع البحريّة تنتشر بشكل أفضل من الأنواع الأرضيّة، فإن أغلب الفجوات البيئية تمتلئ بعمليات الهجرة التي تحدث، حيث يتزايد التشكُّل التطوري للأنواع مع التراكم العشوائي للأنواع ذات القدرة الضعيفة على الانتشار، في ظل وجود فرص قليلة لنشوء الفروع الحيويّة في الموقع الأصلي، وكذلك التشعُّب التكيفي. وإضافةً إلى ذلك، يؤكد الباحثون أن كلًّا من التغيرات في مستوى سطح البحر، ومواقع الجبال البحريّة تلعب دورًا مهمًّا في تطوّر الكائنات البحريّة، وبشكل أساسي عن طريق تقديمهما، من حين إلى آخر، للأحجار التي يمكن السير عليها في المياه الضحلة مما قد يساعد في استعمار الجُزُر.

H. Pinheiro *et al*.

doi:10.1038/nature23680

علم الأحياء الخلوي

ذكريات التأشير تتحكم في بدء الدورة الخلوية

إنّ تنظيم تكاثر الخلايا أمر ضروري؛ من أجل الاستجابات المناعيّة، وإصلاح الأنسجة، وصيانة وظائف الأعضاء؛ بغية الحفاظ على صحة الإنسان. وحينما يكتمل الانقسام الفتيلي للخلايا المتكاثرة، يدخل جزء من الخلايا الوليدة مباشرة في الدورة الخلوية التالية، بينما الخلايا المتبقّية من المجموعة نفسها تخرج من الدورة الخلوية، لتدخل في حالةٍ من الخمول المؤقت، أو الدائم. وليس معروفًا ما إذا كان هذا الاختيار بين مسارين للدورة الخلويّة يحدده التباين الطبيعي في تأشير المواد محدثة التفتّل، أم أن هناك أسبابًا أخرى كامنة. ومن ثم، يُظهِر الباحثون أن الخلايا البشرية تتخذ هذا القرار المصيري بدخول الدورة الخلوية، أو الخروج منها، بناءً على الذكريات المتنافسة للإشارات المتباينة الخاصة بمُحْدِثات الانقسام الفتيلي، وبالإجهاد.. فبدلًا من أن تمحو الخلايا الأصلية تاريخها التأشيري عند نقاط التفتيش بالدورة الخلوية قبل الانقسام الفتيلي، تقوم بنقل بروتين p53، الذي يحفزه تلف الحمض النووي، والحمض النووي الريبي المرسال الخاص ببروتين سيكلين D1 (*CCND1*)، الذي تحفزه مُحْدِثات الانقسام

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الفتيلي، إلى الخلايا الجديدة حديثة التكوّن. بعد الانقسام الفتيلي، يحفز الحمض النووي الريبي المرسال الخاص بالجين *CCND1*، وبروتين p53 المنقولَين حدوث تعبيرٍ متباين لبروتين سيكلين D1، ولمثبط الكينيز المعتمِد على السيكلين (والمعروف اختصارًا بـCDK)، الذي يُسمى p21، والذي هو العامل الوحيد تقريبًا المحدد لاستمرار الدورة الخلوية في الخلايا الجديدة. وقد وجد الباحثون أن تثبيط نشاط بروتين سيكلين D1-CDK4 - بحساب العناصر المتفاعلة - عن طريق المثبط p21، يتحكّم في عمليات نسخ بروتينات الأورام الأرومية الشبكية (Rb) وE2Fs، بشكلٍ فائق الحساسية. وبالتالي، تتحكّم الخلايا الجديدة في اتخاذ القرار بالتكاثر، أو الخمول، عن طريق تحويل ذكريات إشارات محدثات الانقسام الفتيلي والإجهاد المتباينة إلى نوع من المنافسة بين التعبير عن بروتين سيكلين D1، وعن p21. ومن ثم يطرح الباحثون مبدأً للتحكّم في الدورة الخلوية، بناءً على الاختلافات الطبيعية، والذاكرة، والتنافس الذي يحسّن حالة تجمّع الخلايا النامية بأفضل شكل ممكن.

H. Yang *et al*.
doi:10.1038/nature23880

علم الكواكب

أصول الأرض المتطايرة

يُستنزف السيليكات الأرضي بقوة في العناصر معتدلة التطاير (مثل الرصاص، والزنك، والإنديوم، والعناصر القلوية)، مقارنة بالكوندريتات من النوع CI، التي هي النيازك الأقرب شبهًا من الشمس من حيث التركيب. ويمكن تفسير هذا الاستنزاف نوعيًّا من خلال تراكم 10% إلى 20% من جسم غني بالمواد المتطايرة على نموذج أرضي مختزل، خال من تلك المواد، متبوع باستخلاص جزئي لبعض العناصر إلى اللب. ومع ذلك، فإن هناك عدة أسئلة، لم تتم الإجابة عنها فيما يخص مصادر المواد المتطايرة الخاصة بالأرض، ولا سيما وفرة الإنديوم في السيليكات الأرضي. ومؤخرًا، قام الباحثون بفحص عمليات الإذابة التي حدثت في أثناء التراكم على كوكب الأرض، والأجسام السالفة، وأشاروا إلى تجارب للتبخر، تمت في ظروف درجة حرارة ثابتة، وانفلات للأكسجين. وقد اكتشف الباحثون أن نمط استنزاف العنصر المتطاير في السيليكات الأرضي يتسق مع عمليات الانصهار والتبخر الجزئية، بدلًا من اتساقه مع التراكم البسيط لجسم شبيه بالكوندريتات، وغني بالمواد المتطايرة. وقد تحاوروا بخصوص أنّ الانصهار والتبخر على الأجسام السالفة - وفي الغالب أثناء الاصطدام الضخم الذي كَوَّن القمر - كانا مسؤولَين عن الوفرة المرصودة للعناصر معتدلة التطاير في الأرض.

C. Norris *et al*.
doi:10.1038/nature23645

المجتمعات الميكروبية

التَبَحُّر في أعماق الميكروبيوم البشري

أتاح توصيف التباين القاعدي الميكروبي والوظيفي في الميكروبيوم البشري إجراء دراسات عن الأمراض، والتباين، والجغرافيا الحيوية، والوظائف الجزيئية المرتبطة بالميكروبيوم. وقد طرح مشروع الميكروبيوم البشري - الخاص بمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية - أحد أوسع هذه التوصيفات المطروحة إلى الآن. ومن ثم، قدَّم الباحثون موجة ثانية من البيانات، من خلال الدراسة، بما يشمل 1,631 جينومًا جديدًا مأخوذًا من البيئة (بإجمالي 2,355 جينومًا)، بحيث تستهدف هذه الجينومات مواقع متباينة في الجسم، بنقاطٍ زمنية متعددة في 265 فردًا. ومن ثم، طَبَّق الباحثون وسائل محدّثة للتنميط والتجميع؛ لتقديم توصيفات جديدة؛ لتحديد خصائص الميكروبيوم. وقد كشف تحديد السلالة عن مجموعات من الأنواع الفرعية، مختصّة بمواقع معيّنة في الجسم؛ كما حدَّد كميات الأنواع ذات التباين التطوري السلالي ضعيفة التمثيل في جينومات العيِّنات المنعزلة. وقد أدى التنميط الوظيفي على مستوى الجسم بالكامل إلى تصنيف المسارات إلى مجموعاتٍ فرعية عامة، وأخرى تكثر في الإنسان، وغيرها تكثر في مواقع معيّنة من الجسم. وأخيرًا، صَنَّف تحليلٌ زمني التباينات الميكروبية إلى مجموعات فرعية سريعة التغيُّر، ومجموعات متوسطة التغيّر، ومجموعات مستقرة. لذا توسّع هذه الدراسة من نطاق معرفة الباحثين بالتباين القاعدي الميكروبي البشري، وتتيح فهم وظيفة وديناميكيات الميكروبيوم الفردي.

J. Lloyd-Price *et al*.
doi:10.1038/nature23889

علم الأحياء الخلوي

قياس كتلة خلايا الثدييات بالملِّي ثانية

تُعَدّ عملية تنظيم الحجم، والسعة، والكتلة في الخلايا الحية عملية مهمة فسيولوجيًّا، حيث إن الاضطراب في تنظيم هذه المؤشرات يتسبب في حدوث العديد من الأمراض. وكتلة الخلية تحددها في المقام الأول كمية الماء، والبروتينات، والدهون، والكربوهيدرات، والأحماض النووية الموجودة في الخلية. وهذه الكتلة وثيقة الارتباط بعمليات الاستقلاب، وتكاثر الخلية، والتعبير الجيني. ظهرت في السنوات الأخيرة تقنيات تتيح تعقُّب كتل الخلايا العالقة بمفردها، والخلايا الملتصقة، إلا أنه حتى الآن لم يكن من الممكن تعقُّب خلايا ملتصقة مفردة في حالات فسيولوجية بكل من الدقة الكتلية والدقة الزمنية اللازمتين لمراقبة الآليات الخلوية سريعة الحدوث. يقدم الباحثون ميزانًا خلويًّا ("ميزان بيكو" picobalance) مبنيًّا على رنانٍ مصغر مُستثار ضوئيًّا، يقيس الكتلة الكلية للخلايا المنفردة، أو الخلايا الملتصقة المتعددة، في أجواء خلايا مزروعة، على مدى أيام، بدقة زمنية بالملِّي ثانية، وبحساسية للكتلة بالبيكوجرام. وباستخدام هذه التقنية، لاحظ الباحثون أن كتلة الخلايا الحية في الثدييات تتذبذب جوهريًّا بنسبة واحدٍ إلى أربعة في المائة تقريبًا، بمقياس زمني مقداره ثوانٍ خلال دورة الخلية. ترجع تجارب التشويش هذه التذبذبات في كتل الخلايا، إلى عمليات خلوية أساسية تتمثل في تصنيع الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) ونقل الماء. وإضافةً إلى ذلك، يكشف الباحثون أن نمو الخلايا وتعاقب دورة الخلية يتعطلان في الخلايا المصابة بعدوى فيروس الفاكسينيا، إلا أن التذبذبات في الكتلة في تلك الخلايا تستمر حتى موتها. وتشير قياسات الباحثين إلى أن جميع الخلايا الحية تظهر فيها تذبذبات سريعة وخافتة في كتلها خلال الدورة الخلوية. ولأن الميزان الخلوي الذي وضعه الباحثون سهل الاستخدام، ومتوافقٌ مع المجهر الفلوري، يتوقع الباحثون أن يسهم هذا النهج في فهم آليات تنظيم كتلة الخلية في الحالات المختلفة للخلية، وعلى مدى مقاييس زمنية مختلفة، وهو الأمر المهم في مجالات عديدة، منها: الفسيولوجيا، وأبحاث السرطان، وتمايز الخلايا الجذعية، واكتشاف الأدوية.

D. Martín *et al*.
doi:10.1038/nature24288

تطور اللغات

أثر قُوَى التطور في تغيُّر اللغات

تتطور كل من اللغات والجينات بالانتقال عبر الأجيال، مع وجود احتمالٍ للتكرار التفاضلي للأنماط. وقد مثَّل تقدمًا هائلًا في مجال البيولوجيا التطورية أنْ نفهم أنّ معدلات تواتر الجينات تتغير عشوائيًّا، عن طريق الانحراف الجيني، حتى في غياب الانتخاب الطبيعي. ولا شك في أن الانحراف العشوائي يحدث أيضًا في اللغات؛ نتيجةً لعشوائية تَناقُل الأنماط اللغوية فيما بين المتحدثين بها. يقدِّر الباحثون قوة تأثير الانتخاب في تطور اللغات - مقارنةً بالانحراف العشوائي - تقديرًا كميًّا، حيث استخدموا سلاسل زمنية مشتقة من مجموعات كبيرة من النصوص المشروحة، التي ترجع زمنيًّا إلى الفترة بين القرنين الثاني عشر، والواحد والعشرين، لتحليل ثلاثةٍ من التغيرات النحوية الشهيرة في اللغة الإنجليزية، وهي: تصريف الأفعال الماضية بصورة منتظمة، وظهور الفعل "do" متعدد الاستخدامات، وتنويع أساليب النفي اللفظي. رفض الباحثون الانحراف العشوائي، وأقروا بالانتخاب في بعض الحالات، وليس في جميعها. واستدل الباحثون على حدوث الانتخاب في بعض التصريفات غير المنتظمة للأفعال الماضية، وهو ما نجم - على الأرجح - عن التغير في تواتر أنماط التناغم الصوتي بمرور الزمن. يكشف الباحثون أن الانحراف العشوائي يزداد قوة في الكلمات النادرة، وهو ما قد يفسر عرضة التعبيرات النادرة للاستبدال أكثر من التعبيرات الشائعة. يقدّم هذا البحث طريقة لاختبار نظريات انتقائية متعلقة بتغير اللغات في مقابل نموذج باطل، ويكشف عن دورٍ للعشوائية في تطور اللغات، لم ينل حقه من التقدير.

M. Newberry *et al*.
doi:10.1038/nature24455

علم البيئة

تنبؤات فقدان التنوع الحيوي عالميًا

مِن الأمور المحورية في اتفاقيّة التنوّع الحيوي وأهداف الأمم المتحدة

للتنمية المستدامة إيقاف فقدان التنوع الحيوي حول العالم، لكنْ يظل النجاح في تحقيق ذلك – حتى الآن - محدودًا للغاية. ويكمن أحد العوامل الضرورية التي يتوقف عليها تحقيق هذه الأهداف في التمويل المخصَّص لحفظ التنوّع الحيوي؛ إلا أن اتخاذ أيّ قراراتٍ بشأن التمويل تعطِّله شكوك كثيرة حول التأثير المحتمَل لأيّ استثمار في عمليات الحفظ. ولتحقيق فعالية أكبر، يلزمنا نموذج يستند إلى أدلّة، يُظْهِر مدى تأثير الإنفاق على العمليات الحيوية في تقليل معدّل فقدان التنوع الحيوي بشكل كَمّيّ. ومن ثم، قام الباحثون بعرض مثل هذا النموذج، وقدّروا تجريبيًّا حجم إسهام الاستثمار في الحفظ بين عامي 1996، و2008 في خفض معدل فقدان التنوع الحيوي في 109 دول (وقّعت على اتفاقيّة التنوّع الحيوي، وعلى أهداف التنمية المستدامة)، بنسبة متوسطة 29% لكل دولة. كما يكشف الباحثون عن إمكانية التنبؤ بالتغيّرات في التنوع الحيوي في الدول المُوَقِّعة بدقة عالية، باستخدام نموذج ثنائيّ يوازن بين آثار الاستثمار في الحِفظ، وآثار النمو الاقتصادي، والزراعي، والسكّاني (ضغوط التنمية البشريّة). ويمكن لصنّاع القرار استخدام هذا النموذج؛ للتنبؤ بالتحسّن الذي قد تحقِّقه أيّ ميزانيّة مطروحة للتنوع الحيوي في سيناريوهات مختلفة من ضغوط التنمية البشريّة، ثم مقارنة هذه التنبؤات بأيّ هدفٍ يختارونه. وجد الباحثون أن أثر الإنفاق يقلّ مع تزايد ضغوط التنمية البشريّة، ما يدلّ على أنه قد يكون من اللازم زيادة التمويل مع مرور الوقت. ويطرح النموذج أداة مرنة؛ للموازنة بين أهداف التنمية المستدامة في التنمية البشريّة، وحفظ التنوع الحيوي، من خلال التنبؤ بالتغيرات الديناميكيّة في تمويل عمليات الحفظ، التي ستكون مطلوبة مع استمرار خطى التنمية البشرية.

A. Waldron *et al*.

doi:10.1038/nature24295

هندسة ميكانيكية

أداة تشكل حاسوبي بدقة "جيجا فوكسل"

في تصميم المنتجات الصناعية، بدءًا من سماعات الأذن الطبية، حتى السيارات والطائرات، يتم توزيع المادة؛ لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة بأقل تكلفة. وتاريخيًّا، قاد الحدس البشري والبصيرة تطوُّر التصميم الميكانيكي، الذي تساعد فيه مؤخرًا آلياتُ التصميم التي تستعين بالحاسوب. ويمكِّن النهج المستخدم للحاسوب - المعروف باسم التحسين الطوبولوجي - من الحرية غير المحدودة في التصميم، ويطرح آمالًا واعدة فيما يتعلق بالتوفير في الوزن، ولكن قابلية تطبيقه ما زالت تقتصر - حتى الآن - على تصميم مكونات مفردة، أو هياكل بسيطة، وذلك بسبب محدودية مستوى الدقة بأساليب التحسين الحالية. ومن ثم، يشير الباحثون إلى أداة تشكُّل حاسوبي، يتم استخدامها على حاسوب فائق، وتقوم بإنتاج تصميمات ذات دقة بمقياس "جيجا فوكسل"، ما يفوق القيمة التي تم التوصل إليها من قبل بأكثر من مرتبتين أُسِّيتين. يوفر هذا المستوى من الدقة نظرة ثاقبة في التوزيع الأمثل للمادة، ضمن بِنْية لم يكن من الممكن تحقيقها حتى هذه اللحظة، بسبب التحديات المصاحِبة لعملية توسيع نطاق أطر العمل القائمة، الخاصة بالنمذجة وعملية التحسين. وكمثال على ذلك، قام الباحثون بتطبيق الأداة على تصميم الهيكل الداخلي لجناح طائرة بالحجم الطبيعي لها. ويمتلك تصميم الجناح الكامل المحسَّن تفاصيل هيكلية غير مسبوقة، بنطاقات للطول تتراوح من عشرات الأمتار، حتى بضع ملِّيمترات، وبشكل مثير، وتُظْهِر تشابهًا ملحوظًا مع الهياكل العظمية الطبيعية بمناقير الطيور على سبيل المثال. ويقدِّر الباحثون أن التصميم المحسَّن الخاص بهم يتوافق مع انخفاض في الكتلة باثنين إلى خمسة في المئة، مقارنة بتصميمات جناح الطائرة المستخدَمة حاليًّا، ما يؤدي إلى انخفاض في استهلاك الوقود بنحو 40-200 طن سنويًّا لكل طائرة. إن عملية التشكُّل الخاصة بالباحثين قابلة للتطبيق بشكل عام، ليس فقط للتصميم الميكانيكي، ولكن أيضًا لأنظمة التدفق، والهوائيات، والبصريات النانوية، والأنظمة المجهرية.

N. Aage *et al*.

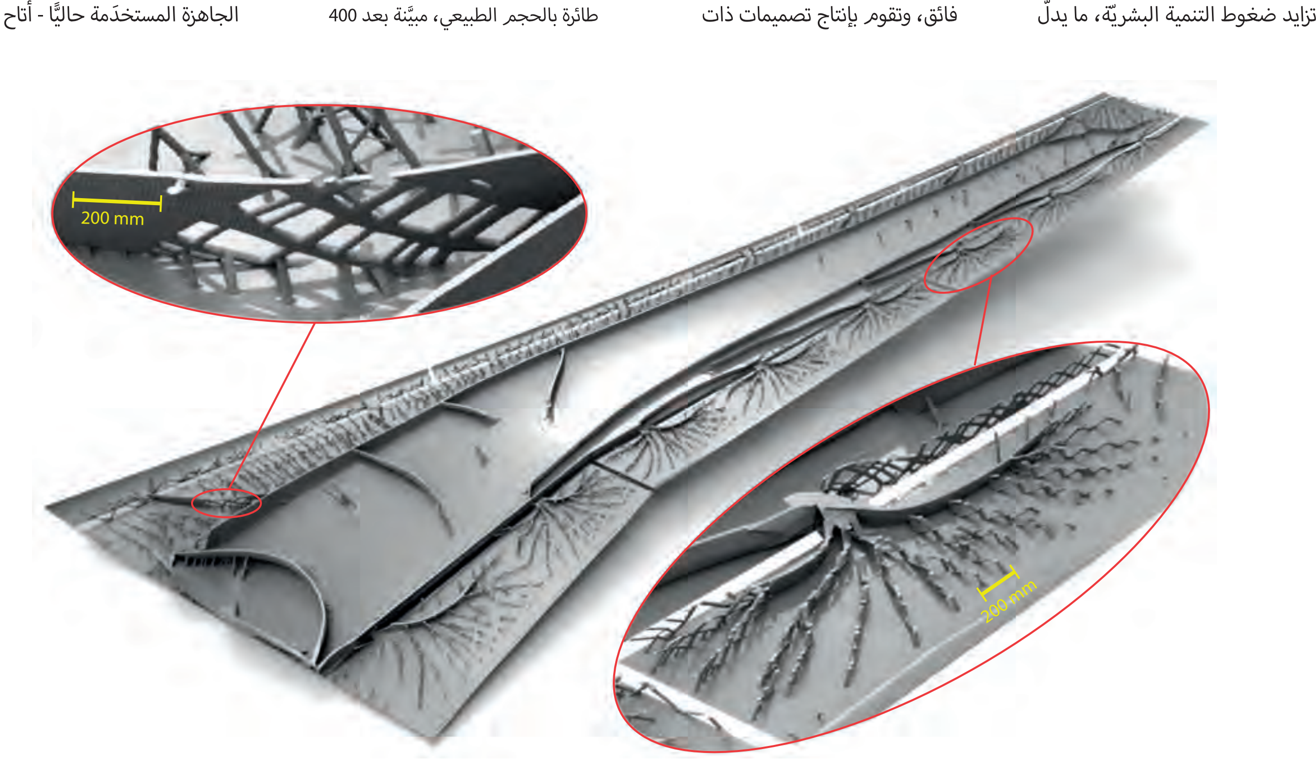
doi:10.1038/nature23911

الشكل أسفله | هيكل جناح محسَّن. نتيجة عملية تَشَكُّل بمقياس جيجا فوكسل لجناح طائرة بالحجم الطبيعي، مبيَّنة بعد 400 خطوة من خطوات عملية التشكل. تمت إزالة الطبقات العلوية الثابتة؛ للكشف عن التفاصيل الداخلية. وبصرف النظر عن الطبقة الخارجية الثابتة الرقيقة، لم يتم وضع افتراضات مسبقة حول الشكل الهندسي الداخلي لهيكل الجناح. وبالتالي، فإن كل التفاصيل المعقدة، كالساريات المنحنية، والدعامات، والهياكل الجدارية، التي يمكن ملاحظتها، قد ظهرت تلقائيًّا؛ نتيجة لعملية التحسين تلك.

علم الأحياء الدقيقة

التنوع الميكروبي في كوكب الأرض

ثمة فجوة هائلة بين وَعْينا المتزايد بأهميّة العالَم الميكروبيّ وتنوعه، ومعرفتنا الضيقة ببِنْيته الأساسيّة، فعلى الرغم من التقدّم الذي أُحرز مؤخرًا في تحديد تسلسل الحمض النوويّ، فإن غياب بروتوكولات قياسيّة موحدة وأطر تحليلية عامة يعوق عَقْد مقارنات بين الدراسات؛ الأمر الذي يعطِّل بدوره التوصل إلى استنتاجات عامة تتعلق بالحياة الميكروبيّة على كوكب الأرض. وعليه، يقدِّم الباحثون تحليلًا تلويًّا لعيِّناتٍ من مجتمعات ميكروبيّة، جمعها مئات الباحثين لدراستها ضمن مشروع ميكروبيوم الأرض. إن استخدام بروتوكولات منظَّمة، وطرق تحليليّة جديدة – خاصة استخدام التسلسل الدقيق، بدلًا من الاعتماد على الوحدات التصنيفيّة المُجَمَّعة الجاهزة المستخدَمة حاليًّا - أتاح



للباحثين تتبّع تسلسلات جينات الحمض النوويّ الريبيّ لريبوسومات البكتيريا والأركيا (البدائيات) في عدّة دراسات، كما أتاح للباحثين استكشاف أنماط التنوع على نطاق غير مسبوق. تمخَّض هذا العمل عن إنتاج قاعدة بيانات مرجعيّة، تُعَدّ بمثابة سياق عام لبيانات تسلسل الحمض النوويّ، كما قدَّم إطارًا يتيح دمج البيانات المجمَّعة من أيّ دراسات مستقبلية؛ ما يعزز باطِّراد إمكانيّة التوصيف المتكامل لتنوع العالَم الميكروبيّ على كوكب الأرض.

L. Thompson *et al*.

doi:10.1038/nature24621

تغير المناخ

التنبؤ بمستقبل أدفأ

تُعَدّ النماذج المناخية بمثابة الوسائل الرئيسة لتوقُّع قيم الاحترار العالمي على مدى ما تبقى من القرن الواحد والعشرين، لكن التقديرات المنمذجة للاحترار تتفاوت بمعامل اثنين تقريبًا، حتى في إطار سيناريوهات التأثير الإشعاعي نفسها. إن العلاقات عبر النماذج، بين خصائص النظام المناخي القابلة للرصد في الوقت الراهن، والمقدار المحاكي للاحترار في المستقبل مِن شأنها أن تنبئ بالتوقعات. والآن يكشف الباحثون عن وجود علاقات قوية عبر النماذج، بين الأنماط المكانية العالمية للعديد من الخصائص الأساسية لميزانية طاقة أعلى الغلاف الجوي للأرض، وبين مقدار الاحترار العالمي المتوقع. وعند اقتصار توقعات النماذج على الأرصاد، يمكن الوصول إلى عدد أكبر من الوسائط، ونطاقات أكثر دقة للاحترار الحراري المستقبلي عبر السيناريوهات الرئيسة للتأثير الإشعاعي، بصفة عامة. وبصفة خاصة، وجد الباحثون أن توقعات الاحترار لنهاية القرن الواحد والعشرين - المستدَلّ عليها من الأرصاد لسيناريو التأثير الإشعاعي الأكثر انحدارًا - تزيد بنسبة حوالي 15 في المئة (0,5 درجة مئوية) مع انخفاض حوالي الثلث في تشتت الانحرافين المعياريين (1.2- درجة مئوية)، مقارنة بتوقعات النموذج الأول، التي أعلن عنها الفريق الحكومي الدولي المعنيّ بتغير المناخ. وتشير النتائج إلى أن تحقيق أي هدف من أهداف استقرار درجة الحرارة العالمية سوف يتطلب تخفيضات في انبعاثات غازات الدفيئة أكثر من تلك المحسوبة في وقت سابق.

P. Brown *et al*.

doi:10.1038/nature24672

علم الكواكب

آلية تكوُّن الطين البدائي على المريخ

تنتشر المعادن الطينية على المريخ في كتل صخرية تعود إلى حقبة نواتشيان (من 4,1 مليار إلى 3,7 مليار سنة). ويُعتقد أن القشرة البازلتية للمريخ تفاعلت مع المياه السائلة إبان تلك الفترة؛ لتُكوِّن معادن طينية رطبة، إلا أن الباحثين أشاروا إلى أن نسبة كبيرة من هذا الطين تكونت بتفاعل القشرة الأولية للمريخ مع بخار كثيف، أو غلاف جوي فائق الحرج، مكوَّن من الماء، وثاني أكسيد الكربون، الذي تم تفريغه أثناء تبرُّد محيط الصهارة. قدَّم الباحثون دليلًا تجريبيًّا يوضح التكون السريع للطين في ظل الظروف التي كانت ستكون قائمة عند قاعدة غلاف جوي مماثل، وأيضًا على عمق أكبر في القشرة المسامية. كما استكشفوا مصير طبقة بدائية غنية بالطين بمساعدة نموذج ذي مؤشرات لتطور القشرة؛ فوجدوا أن الطين البدائي يحتوي على شقوق موضعية بفعل الاصطدامات، تغطيه المواد المنبعثة من الاصطدامات ومواد الانفجارات البركانية، إلا أنها تبقى طبقة متماسكة - في الغالب - على عمق، مع تَعَرٍّ سطحيّ محدود. هذا التعرّي شبيه بذلك الذي تم رصده في البيانات المدارية المستشعرة من بُعْد من المريخ. قد تعلِّل هذه النتائج التوزيع الحالي للكثير من الطين على سطح المريخ، والكثافة المنخفضة بشكل شاذ للقشرة المريخية، مقارنة بالتوقعات.

K. Cannon *et al*.

doi: 10.1038/nature24657

تطور

التنوع الجيني في بعوض *Anopheles*

إن زيادة مقاومة بعوض *Anopheles* - الناقل للملاريا - للمبيدات الحشرية تهدِّد استدامة جهود مكافحة الملاريا في أفريقيا. ومِن أجل الوصول إلى فهمٍ أعمق لكيفيّة تطوّر مجتمعات البعوض، قام الباحثون الآن بوضع تسلسل جينومات 765 عيّنة من بعوض *Anopheles gambiae* و*Anopheles coluzzii*، مأخوذة من 15 موقعًا في كافة أنحاء أفريقيا. وقد تعرّفوا على أكثر من 50 مليون شكل متعدد للنيوكليوتيد الواحد في الجينوم المتوافر. كشفت هذه البيانات عن بِنْية مجتمعية معقَّدة، وأنماط لتدفق الجينات، مع أدلة على وجود توسعات قديمة، واختناقات حديثة، وتباين موضعي في الأحجام الفعالة للمجتمعات. ولاحظ الباحثون إشارات قويّة لعمليّات انتخابٍ حديثة في جينات مقاوَمة المبيدات الحشرية، مع عدة مسوح تمت على مدى مسافات جغرافية واسعة، وبين الأنواع وبعضها. ومن ثم، عند تصميم أدواتٍ جديدة لمكافحة البعوض باستخدام أنظمة الدفع الجيني، يلزم أخذ المستويات العالية من التنوع الجيني في المجتمعات الطبيعية للبعوض في الحسبان.

The Anopheles gambiae 1000 Genomes Consortium

doi: 10.1038/nature24995

علم الفلك

تحليل آلي سريع للعدسات التجاذبية القوية

في المقام الأول، تم تحديد تشوهات الصورة، الناجمة عن التعدُّس التجاذبي القوي – وهو تكوُّن صور متعددة لمصادر بعيدة، نتيجة لانحراف الضوء الخاص بها بتأثير من الجاذبية الخاصة بالبِنَى الاعتراضية - وتقدير توزيع المادة المصاحب لتلك البِنَى "العدسة التجاذبية"، وذلك باستخدام النمذجة الأكثر احتمالًا للمشاهَدات. عادةً ما يكون هذا الإجراء مستهلِكًا للوقت والموارد، ويتطلب أكواد تعدُّس معقدة، وخطوات متعددة لإعداد البيانات، واكتشاف قياسات النموذج الأكثر احتمالًا، وذلك في عملية مكلفة على المستوى الحوسبي مع محسِّنات الانحدار. يمكن أن يستغرق التحليل الدقيق لعدسة تجاذبية مفردة بضعة أسابيع، ويتطلب معرفة متخصصة بالعمليات الفيزيائية، والأساليب المستخدمة. ومِن المتوقع اكتشاف عشرات الآلاف من العدسات الجديدة مع الجيل القادم من المسوح الأرضية والفضائية. ويشير الباحثون إلى استخدام شبكات عصبية ملتوية عميقة، لتقدير قياسات التعدس بطريقة آلية وسريعة للغاية، والتحايل على الصعوبات الماثلة، باستخدام الطرق الأكثر احتمالًا. ويبين الباحثون أن إزالة ضوء العدسة يمكن تسريعها وميكنتها، باستخدام تحليل ذي مكونات مستقلة، لبيانات التصوير متعددة المرشِّحات. ويمكن للشبكات التي صممها الباحثون استعادة قياسات قطاع كثافة الـ"مجسم البيضاوي المفرد المعزول حراريًّا"، الذي يُستخدم عادة لنمذجة منظومات التعدس القوية، بدقة يمكن مقارنتها بقيم عدم التيقن الخاصة بالنماذج المعقدة، ولكنها أسرع بعشرة ملايين مرة: 100 منظومة في الثانية الواحدة تقريبًا، في وحدة معالجة الرسوم البيانية الواحدة. ويمكن لتلك الشبكات توفير طريقة لغير الخبراء؛ لتحديد تقديرات لقياسات التعدس الخاصة بعينات ضخمة من البيانات.

Y Hezaveh *et al*

doi:10.1038/nature23463

فيزياء الجزيئات

قياس العزم المغناطيسي للبروتون المضاد

توفِّر المقارنات الدقيقة للخواص الأساسية الخاصة بمترافقات المادة والمادة المضادة اختبارات حساسة لثبات الشحنة–التماثل–الزمن (CPT)، وهو ما يُعَدّ تناظرًا مهمًّا يعتمد على الافتراضات الأساسية للنموذج المعياري لفيزياء الجسيمات. قارنت التجارب على الميزونات، واللبتونات، والباريونات بين الخواص المختلفة لمترافقات المادة والمادة المضادة، بدرجات عدم تأكد كسرية على مستوى الأجزاء من المليار، أو أفضل. ومع ذلك فإن هناك كمية واحدة محددة معروفة حتى الآن بدرجة عدم تأكد كسرية عند مستوى الأجزاء من المليون، وهي العزم المغناطيسي لمضاد البروتون μ_p. تعود الصعوبة الاستثنائية لقياس μ_p بدقة عالية إلى أنه ضئيل القدر للغاية؛ حتى إنه أقل 660 مرة من العزم المغناطيسي للبوزيترون.يكشف الباحثون عن قياس عالي الدقة لـμ_p بوحدات الماجنيتون النووي μN بدقة كسرية تبلغ 1.5 جزء من المليار (بمستوى ثقة يبلغ 68%)، حيث استخدموا تقنية التحليل الطيفي لجسيمين، في منظومة متطورة لفخ شديد البرودة، متعدد الطبقات. والنتيجة $\mu_p = -2.7928473441(42)\mu N$ (حيث يمثل الرقم بين الأقواس فترة الثقة التي تبلغ 68% في الأرقام الأخيرة من القيمة) تحسِّن من دقة أفضل قياس سابق لـμ_p بمُعامل يبلغ 350 تقريبًا. تتسق القيمة المقاسَة مع العزم المغناطيسي للبروتون $\mu_p = 2.792847350(9)\mu N$ ، وتنسجم مع ثبات الشحنة–التماثل–الزمن. ونتيجة لذلك.. يحدّ هذا القياس من قدر تأثيرات معينة تمس الشحنة–التماثل–الزمن إلى ما دون 1.8×10^{-24} جيجا إلكترون فولت، ويحدّ كذلك الانشقاق المحتمل للعزوم المغناطيسية للبروتون ومضاد البروتون بواسطة تفاعلات الشحنة–التماثل–الزمن الفردية (CPT-odd) من البعد الخامس إلى ما دون 6×10^{-12} بور ماجنيتون.

C. Smorra *et al*.

doi:10.1038/nature24048

صندوق الأدوات

نصائح الأمن الإلكتروني للعلماء المسافرين

كيف تحمي بياناتك البحثية الحساسة أثناء السفر؟ الشبكات الافتراضية الخاصة، وتطبيقات التتبع، وأجهزة الكمبيوتر المحمولة ذات الاستخدام المؤقت أمثلة للحلول المقترَحة.



ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

براين أوينز

كان مارك جيرشتاين يصاب بالذعر الشديد في كل مرة لا يعرف فيها مكان أجهزته الإلكترونية؛ ويفقد معها إمكانية الوصول إلى معلوماته الشخصية، وبياناته البحثية.

يقول جيرشتاين، أخصائي نظم المعلومات الحيوية بجامعة ييل في نيوهافن بولاية كونتيكت: "إنني أستاذ جامعي مفرط الانتباه بشأن الأمن، لكنني أيضًا كثير النسيان".

يتذكر جيرشتاين رحلة قام بها إلى بوسطن بولاية ماساتشوستس، حين نسي هاتفه في سيارة أجرة، وشاهده يبتعد ويبتعد من خلال تطبيق التتبع على جهاز "آي باد"، بينما كان يركض خلف السيارة بلا جدوى. ومن حسن الحظ، تمكَّن جيرشتاين من الاتصال بشركة سيارات الأجرة، واستطاع أن يشاهد هاتفه في رحلة عودته إلى جيبه مرة أخرى.

وبينما انتهت قصة جيرشتاين نهاية سعيدة، فإن الأجهزة التي تُفقد أثناء التنقل كثيرًا جدًّا ما تُفقد إلى الأبد. وهذا مجرد تهديد واحد من تهديدات عديدة، لا يَسْلَم من مواجهتها الباحثون خلال أسفارهم. فخارج محيط المختبر وبِيئته المعلوماتية الآمنة نسبيًّا، تتعرض البيانات والأجهزة لأخطار، مثل: القرصنة، والسرقة. وينبغي على الباحثين أن يتحلوا بأقصى درجات الحذر، ليس فقط لحماية أبحاثهم، ولكن أيضًا لحماية البيانات السرية الخاصة بالمرضى، أو الملكية الفكرية.

وقد تتفاقم مخاوف الأمن الإلكتروني بشدة عند عبور الحدود الدولية؛ فبعض المناطق تشتهر بالقرصنة، وربما يصرّ جنود حرس الحدود على رؤية الملفات.

فما الذي يستطيع الباحثون فعله للحفاظ على سلامة البيانات من الأعين المتطفلة أثناء السفر؟ الأمر رهن بنوع البيانات التي لديك، والتهديدات التي يُحتمل أن تتعرض لها، حسبما يقول مورجان ماركي-بوار، مدير الأمن في الوكالة الإخبارية "فيرست لوك ميديا" First Look Media في ◄

سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا، الذي يمتلك خبرة في مساعدة المفتشين الحكوميين على السفر وبحوزتهم بيانات حساسة. فهل أكثر ما تخشاه أثناء السفر هو جنود حرس الحدود المتحمسون، أم السرقة الانتهازية، أم القرصنة برعاية الحكومة؟

يقول ماري-بوار إن الأمر أشبه بالتحدث مع أحد الأطباء. ويضيف: "إذا كنتَ تسأل طبيبًا كيف تحافظ على صحتك، فستحصل على نصائح عامة، لكن النصائح ستختلف إذا كنتَ متوجهًا إلى الأدغال".

ويقول ماري-بوار أيضًا إنه أيًّا كانت التهديدات المتوقَّعة، فإن الخطوة الأولى لحماية البيانات هي التشفير؛ أي، جَعْل البيانات غير قابلة للقراءة، عن طريق تحويلها رياضيًّا باستخدام مفتاح إلكتروني (انظر: "النصائح والمحاذير"). فهذه الخطوة البسيطة يمكنها أن تحمي بياناتك من السرقة العرضية، وتردع القراصنة، عدا العنيدين للغاية منهم). يؤكد ذلك جون ساوثهول، أخصائي مكتبات البيانات بجامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة، قائلًا: "أهم ما نحثّ عليه هو تشفير البيانات؛ بمعنى تشفير قرص التخزين بالكامل للأجهزة المحمولة خاصةً".

تقوم غالبية الهواتف الذكية بتشفير وحدة التخزين بالكامل في الوضع الافتراضي. وهناك العديد من خيارات تشفير أجهزة الكمبيوتر المحمولة. كما ينبغي تشفير الملفات الحساسة للغاية، كل على حدة، باستخدام أداة حماية الملفات المدمجة في الكمبيوتر، أو البرامج المجانية المفتوحة، مثل VeraCrypt أو BitLocker أو 7-Zip. وربما تستطيع مؤسستك البحثية المساعدة في الحماية؛ فإدارة أمن المعلومات بأكسفورد، على سبيل المثال، تقوم بتشفير أجهزة الباحثين. يقول ساوثهول: "لدينا فهْم عميق، ليس فقط لوسائل الحماية الضرورية للبيانات البحثية، ولكنْ للباحثين أنفسهم أيضًا".

ممتلكات مفقودة

يجب على الباحثين أيضًا مراعاة الأمن المادي لأجهزتهم

النصائح والمحاذير

- التمِسْ مساعدة ومشورة المؤسسة التي تعمل بها قبل السفر.
- قُمْ بتشفير البيانات على مستوى قرص التخزين بالكامل، وعلى مستوى الملفات الفردية.
- استخدِمْ شبكة افتراضية خاصة عند الاتصال بالشبكة عن بُعد.
- لا تحمِلْ أي بيانات مهمة على وحدات USB؛ فهي تُفقَد بسهولة، ونادرًا ما تكون مشفرة، ومن الصعب محو البيانات التي تحتويها بالكامل.
- سجِّلْ الخروج من الخدمات السحابية، وأزِل التطبيقات المثبتة، وقم بمسح سجلات المتصفح.
- استخدِمْ أجهزة كمبيوتر وهواتف محمولة مؤقتة، مخصصة للاستخدام أثناء السفر فقط.
- لا تغفل عن جهاز الكمبيوتر المحمول، أو الهاتف، أو تتركهما في سيارتك، أو في غرفة الفندق.

الإلكترونية حسب قول ساوثهول، الذي يتابع قائلًا: "أجهزة الكمبيوتر المحمولة وغيرها من الأجهزة هي أشياء ذات قيمة عالية؛ ولهذا، فهي أهداف تجذب اللصوص. ومن ثم، ينبغي أن تحرص على ألّا تخزن عليها شيئًا لا يمكن تعويضه".

يقول جيرشتاين إن تطبيقات التتبع التي تستطيع مسح بيانات أجهزة الكمبيوتر المحمولة أو الهواتف المفقودة عن بُعد (مثل تطبيق Find My iPhone من شركة آبل) تضمن عدم تعرض البيانات للخطر، حتى في حالة سرقة الأجهزة.

ويقول جوناثان كاتز - الذي يدرس الأمن الإلكتروني بجامعة ميريلاند في كوليدج بارك - إن الحظر الذي فرضته الولايات المتحدة على حَمْل الأجهزة المحمولة في مقصورة الطائرة على الرحلات القادمة من عدة مطارات في الشرق الأوسط، الذي أُعلِنَ في الواحد والعشرين من مارس الماضي قد زاد من تعقيد الأمور. ويضيف قائلًا: "لقد زادت بشدة احتمالات تعرُّض أجهزة الكمبيوتر المحمولة للتلف، أو الفقد، أو السرقة، ومن ثم تعرُّض البيانات للخطر". وهناك حظر مماثل في المملكة المتحدة، ولكنه قد يُرفع قريبًا.

سيسافر كاتز إلى الشرق الأوسط قريبًا في رحلة عمل. ورغم أنه لن يحمل شيئًا ذا حساسية خاصة، إلا أنه يخطط لشحن جهاز الكمبيوتر الخاص به إلى الولايات المتحدة أثناء رحلة العودة، عن طريق "فيديكس"، بدلًا من تركه في أمتعته على الطائرة، إذا ظل الحظر الأمريكي قائمًا.

السلامة في الخدمات السحابية

في العديد من الحالات، يستطيع الباحثون البارعون في استخدام التكنولوجيا تجنب عبء حَمْل بياناتهم من الأساس. فمِن الممكن أرشفة البيانات في الخدمات السحابية، مثل Dropbox، أو Google Drive، والوصول إليها من الوجهة التي يسافر إليها الباحث. ورغم أن هذه الخدمات مشفَّرة وآمنة نسبيًّا، ينبغي على الباحثين كذلك تشفير الملفات مرة أخرى قبل تحميلها، تحسبًا لتعرض الخوادم للقرصنة، أو سرقة كلمات المرور لحساباتهم. (وتضيف خاصية التحقق المعتمِدة على وسيلتين - حيث يُطلب من المستخدم إدخال كلمة المرور، ورمز يتم إرساله إلى الهاتف المحمول؛ للدخول إلى الحساب - طبقة حماية إضافية).

ولأنّ هذه الخدمات - في الغالب - تُعَدّ لتوفير الوصول التلقائي، ينصح ماري-بوار الباحثين الذين يسافرون إلى دول أخرى بإزالة التطبيق من أجهزتهم المحمولة، والخروج من الخدمة، ومسح سجلات الزيارات السابقة من المتصفح قبل السفر.

وينصح ساوثهول الباحثين بضرورة التفكير في استخدام تكنولوجيا الشبكة الافتراضية الخاصة، التي تتيح للمستخدمين إنشاء اتصالات آمنة بالشبكة، بدلًا من وصلات الإنترنت غير الآمنة. ومن أمثلة هذه الخدمات IPVanish VPN، و NordVPN، والخدمة التي تحمل اسم صادم Hide My Ass، ويضيف ساوثهول قائلًا إن مؤسسات عديدة يمكنها تقديم المساعدة في إعداد هذه الخدمات.

ويقول جيرشتاين إنه دائمًا ما يَستخدِم الشبكة الافتراضية الخاصة؛ للوصول إلى بياناته أثناء السفر، حتى داخل الولايات المتحدة الأمريكية؛ فهي وسيلة سهلة الاستخدام في أغلب الأماكن، رغم أن الأمر قد يزداد تعقيدًا في الدول التي تمارس فيها الحكومات رقابة صارمة على الإنترنت، مثل الصين. ورغم أن الشبكات الافتراضية الخاصة قانونية في الصين، إلا أن الحكومة الصينية اتخذت إجراءات صارمة ضد المزوِّدين الصينيين للشبكات الافتراضية الخاصة في يناير 2017. غير أنه ليس واضحًا بعد تأثير ذلك على الشبكات الافتراضية الخاصة الدولية، التي قد يستخدمها الباحثون.

وبالنسبة إلى العديد من العلماء، يتصدر السفر إلى الصين قائمة مخاوفهم بشأن الأخطار الإلكترونية التي قد تتعرض لها أجهزتهم المحمولة، مما يجعل البعض يتخذ المزيد من الإجراءات الاحترازية. وقد وُجهت إلى الصين اتهامات باستخدام التجسس الإلكتروني؛ لتسريع التطور التكنولوجي (اتهمت شركات صناعة الحديد والصلب الأمريكية، على سبيل المثال، القراصنة الصينيين بسرقة أسرار تجارية في عام 2016)، كما وُجهت إليهم اتهامات بالقرصنة على الباحثين والمؤسسات العلمية في الماضي، بما في ذلك الهجوم الإلكتروني على المجلس الوطني الكندي للبحوث في عام 2014. ويقول ستيفن كينجزمور، رئيس "معهد رادي للطب الجينومي للأطفال" في سان دييجو بكاليفورنيا إن بعض زملائه يستخدمون عند سفرهم إلى الصين أجهزة كمبيوتر وهواتف محمولة مؤقتة (وهي أجهزة منخفضة التكلفة، يمكن التخلص منها).

متاعب على الحدود

ظهر في العام الماضي تهديد أمني جديد لبيانات المسافرين مع سَعْي إدارة الرئيس الأمريكي دونالد ترامب لتشديد تأمين الحدود الأمريكية من الإرهابيين المحتمَلين. فقد شهدت الحدود تزايد عمليات التفتيش؛ إذ يَطلب ضباط الحدود من المسافرين أحيانًا تسليم أجهزتهم المحمولة، والكشف عن كلمات المرور عند دخول البلاد؛ لتفتيشها، وعمليات التفتيش هذه آخذة في الازدياد. وقد أفادت الإذاعة الوطنية الأمريكية العامة بتفتيش 24 ألف جهاز على الحدود خلال عام 2016، مقارنة بتفتيش 8500 جهاز في عام 2015.

والباحثون ليسوا معفيين من هذا الفحص الصارم. فكما تناقلت وسائل الإعلام في شهر مارس الماضي، تَعَرَّض سِد بيكانافار - وهو مواطن أمريكي ومهندس في مختبر الدفع النفاث في وكالة "ناسا" في باسادينا بولاية كاليفورنيا - للاحتجاز في المطار في هيوستن بولاية تكساس، أثناء عودته من رحلة شخصية إلى أمريكا الجنوبية. وقد أُجبرَ على تسليم هاتفه الخاص بوكالة "ناسا"، وكود التعريف الشخصي. رفض بيكانافار في البداية، متعللًا بالبيانات السرية على الجهاز، لكنه رضخ في النهاية. أُخذ منه هاتفه لمدة 30 دقيقة، وتم نسخ بياناته. وفي مختبر الدفع النفاث، اضطرت "ناسا" لإجراء فحوص دقيقة على الجهاز؛ لتحديد البيانات التي ربما أُخذت منه، وما إذا كان قد جرى تثبيت أي تطبيقات عليه، أم لا. (لم نستطع الوصول إلى بيكانافار للتعليق، ورفض مختبر الدفع النفاث مناقشة إجراءات الأمن الإلكتروني التي يستخدمها).

قد تستهوينا محاولة إخفاء المعلومات، أو استخدام الخدع التقنية، مثل "كلمات المرور في حالات التهديد"، التي تفتح الجهاز عند استخدامها، بدلًا من كلمات المرور الأصلية، لكنها تُبْقِي أجزاء من البيانات مخفية ومشفرة. غير أن جنيفر جرانيك - التي تدرس قوانين الأمن الإلكتروني بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا - تحذر من مثل هذه الاستراتيجيات، وتقول: "بالتأكيد لا يمكنك أن تكذب على ضابط حكومي؛ فذلك يُعَدّ جريمة". ولن يتساهل حرس الحدود مع حجة أن الباحثين عليهم واجب قانوني بمنع أي شخص من الاطلاع على البيانات السرية.

وتضيف جرانيك قائلة: "ثمة الكثير من البيانات التي عليك التزام قانوني بحمايتها، مثل السجلات الطبية، والأسرار التجارية؛ ولكن ضباط حرس الحدود ليسوا خبراء في هذه المسائل القانونية، ولن يكترثوا بها بالضرورة. لذا، فعليك التفكير في كيفية حماية بياناتك". ■

براين أوينز كاتب ومحرر مستقل، يقيم في نيوبرونزويك، كندا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مكافحة الجريمة عالم أحياء جزيئية يساعد المحققين في حل الجرائم **ص. 61**

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **arabicedition.nature.com/events**

وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**



AGUSTINA ISIDORI

يمكن لألعاب معينة، مثل لعبة بطاقات الكيمياء «ساينس نينجاز: فالانس» *Science Ninjas: Valence* تعليم المفاهيم على نحو تفاعلي.

مشروعات

ألعابٌ علمية

يعمل العلماء على تصميم ألعاب لوحية، ورقمية، وألعاب ورق؛ لتوصيل مفاهيم علمية معينة.

روبرتا كوك

يحب دانتي لوريتا الألعاب اللوحية كثيرًا جدًّا؛ إلى حد أنه سعى دائمًا إلى أن يبتكر لعبة من تصميمه. وكثيرًا ما يلعب لوريتا هذه الألعاب مع ولديه، ويقترح قواعد جديدة للعبة. وعن هذا يقول: "كنت أحلم دائمًا بتصميم لعبة من الألعاب اللوحية".

سنحت الفرصة أمام لوريتا، عالِم الكواكب بجامعة أريزونا في توسان، في عام 2013. كان وقتها يرأس مشروع أوسايريس رِكس، الذي كانت ناسا تحاول من خلاله جلب عينة من أحد الكويكبات إلى الأرض، حين أُلغي برنامج المساعدة التعليمية والعامة، التابع للمهمة. لم يثبط هذا همة لوريتا، وشارك في تأسيس شركة «إكسترونوت إنتربرايزيز» Xtronaut Enterprises في فولز تشيرش بولاية فيرجينيا، لتصنيع حقائب أنشطة تتعلق باستكشاف الكواكب والعُلُوم. وحين بدأ الأطفال في تبادل البطاقات المرسوم عليها مكونات الصاروخ، أدرك حينها أن بإمكانه تحويل البطاقات إلى لعبة.

وبالفعل صُمِّمَ اللعبة اللوحية «إكسترونوت: لعبة استكشاف المجموعة الشمسية» *Xtronaut: The Game of Solar System Exploration*، التي يحاول فيها اللاعبون إطلاق بعثات إلى الفضاء. وفي عام 2015، جمع لوريتا وفريقه حوالي 37 ألف دولار أمريكي على موقع التمويل الجماعي «كيك ستارتر» Kickstarter لإنتاج اللعبة. وبالفعل، نفدت أول 5 آلاف نُسخة منها، وقامت الشركة بإنتاج 5 آلاف نسخة أخرى. وفي هذا العام، جمعت الشركة حوالي 43 ألف دولار أمريكي على موقع كيك ستارتر لإنتاج لعبة ثانية، هي «كونستيليشنز» *Constellations*. لم تدخل الألعاب لوريتا عالم الأثرياء، لكنه لم يكن يرمي سوى إلى إلهام الأطفال. يقول لوريتا: "هناك أبوان أخبراني أن ابنتهما البالغة من العمر خمسة أعوام تعرف كل شيء عن المراحل الثانية والسطوح الانسيابية للصاروخ «دلتا»، وعن متغيِّر السرعة «دلتا-في»"، وجميعها مصطلحات تقنية، حسب قوله. ويضيف: "لو كانت تلك الفتاة الصغيرة هي الوحيدة التي تعلمت هذا؛ فإنني سعيد بتلك النتيجة".

ثمة عدد متزايد من العلماء، من أمثال لوريتا - وكثير منهم من ممارسي الألعاب المتحمسين - يعكفون على تصميم ألعاب لوحية، وألعاب ورق، وألعاب رقمية، تتيح للصغار والكبار الانخراط في العلوم. تتيح الألعاب تفاعلًا متبادلًا، ويقول المصممون إنها وسيلة غير مستغَلَّة جيدًا، يمكن استخدامها في توصيل المفاهيم الفنية. فعلى سبيل المثال، يمكن للاعبين استكشاف تداعيات التغير المناخي، أو مكافحة البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية. وتستطيع الألعاب إبراز إنجازات العلماء، وقد أضحى بعض الباحثين يكرسون وقتهم بالكامل لتطوير الألعاب.

إنّ نجاحهم يعكس اتجاهًا أعمّ؛ إذ شهدت عملية تطوير الألعاب المستقلة زيادة هائلة على مدار العقد الماضي. فمنذ انطلاق موقع كيك ستارتر في عام 2009، استطاعت حوالي 11 ألف حملة ناجحة لتطوير الألعاب في عشرين دولة أن تجمع ما يقرب من 600 مليون دولار (انظر: «ظهور الألعاب المستقلة»). وقد يسرت الأدوات البرمجية الخاصة بإنشاء الألعاب - مثل أداة «يونيتي» Unity، التي طوّرتها شركة «يونيتي تكنولوجيز» في سان فرانسيسكو بكاليفورنيا - ابتكار الألعاب الرقمية. ويدرج موقع BoardGameGeek.com حاليًّا حوالي 91 ألف لعبة من ألعاب الورق والألعاب اللوحية، كما يعرض متجر تطبيقات «أبل» أكثر من نصف مليون تطبيق من تطبيقات الألعاب.

لا تزال الألعاب العلمية تشكل نسبة ضئيلة. ويحتوي موقع ScienceGameCenter.org على حوالي 120 مُدخلًا، وهو موقع يتيح للمعلمين والطلاب وغيرهم من المستخدمين العثور على ألعاب العلوم والرياضيات، الموجَّهة إلى عُمْر عشر سنوات وأكثر، وتقييمها. وقد زاد العدد على نحو ثابت منذ إطلاق الموقع في عام 2012، حسب قول مديرة الموقع، ميلاني ستيجمان، وهي عالمة كيمياء حيوية، وتمتلك شركة «موليكيولار جِيج جيمز» Molecular Jig Games في واشنطن العاصمة. كما تلقّت هذه الألعاب دعمًا، من خلال مسابقات، وتمويل، وفعاليات جديدة.

وينبغي على العلماء الذين يريدون ركوب موجة تطوير الألعاب المستقلة توخِّي الحذر؛ إذ على المصممين الموازنة بين الدقة من ناحية، والبساطة والمرح من ناحية أخرى. كما أن بيع الألعاب اللوحية يتطلب ترتيبات لوجستية بسيطة، كالطباعة، والشحن؛ بينما تتطلب الألعاب الرقمية عملية تطوير مستنزِفة للوقت. وتتراوح تكلفة تصميم لعبة من الألعاب وإطلاقها بين عشرة آلاف دولار، ومئات الآلاف من الدولارات، وعلى الباحثين أن يجمعوا هذا المال عبر قنوات معينة، مثل التمويل الجماعي، ومِنَح المساعدات.

وحسب قول لوريتا، فمن أجل تحقيق النجاح، ينبغي أن يرغب العلماء أنفسهم في لعب اللعب التي يصممونها. يقول لوريتا: "ينبغي أن تكون طفل في أعماقك".

تصميمٌ ذكي

توجد مجموعات عديدة في مختلف أنحاء العالم تقدِّم الدعمَ للألعاب العلمية. فقد قام مركز الأبحاث والتخصصات المتداخلة في باريس بتدشين مسابقة الألعاب الدولية للتعليم والأبحاث - المعروفة اختصارًا باسم «آي جيمر» iGAMER - في عام 2013، كما يجتمع المطوِّرون في مُلتقيات «كلايمت جيم جَامز» Climate Game Jams في الولايات المتحدة ◄

◄ بالأخص، من أجل ابتكار نماذج أولية لألعاب مرتبطة بالتغير المناخي. وفي هذا العام، حصلت 6 فرق على تمويل من مسابقة «ديفيلوبنج بيوند»، التي تقيمها مؤسسة «وِيلْكم» الخيرية في لندن، ومن مسابقة «إيبك جِيمز» في مقاطعة كاري بولاية نورث كارولاينا، التي تبتكر فيها الفرق ألعابًا تدور حول موضوعات معينة، مثل الهندسة الوراثية للنباتات، ويصل مجموع الجوائز التي تقدِّمها المسابقة إلى 500 ألف دولار.

إن الألعاب العلمية الحديثة عادة ما تشجع اللاعبين على التفكير بعمق في المفاهيم. ففي الماضي، كان العديد من الألعاب التعليمية يشبه لعبة «تريفيال برسوت» *Trivial Pursuit*، أو كانت الألعاب تتضمن إلقاء النرد، والتحرك على لوح، وذلك حسب قول ديفيد كويل، عالِم الأحياء الدقيقة بجامعة كاليفورنيا في ديفيس. يقول كويل: "إنها ليست ممتعة للغاية. كنت أريد لعبة، ينبغي عليك فيها أن تتخذ قرارات استراتيجية حقيقية". لذا، فقد صمَّمَ اللعبة اللوحية «جَت تشيك» *Gut Check*، التي ينصب هدفها حول بناء مجتمع ميكروبي صحي، أو «ميكروبيوتا» (D. A. Coil *et al*. *PLoS Biol*. **15**, e2001984; 2017). وفي هذه اللعبة، على اللاعبين أن يفكروا فيما إذا كان عليهم تناول أطعمة معينة، أو إضافة البكتيريا إلى أمعائهم، أو إصابة خصومهم بالعدوى.

يستطيع العلماء اكتشاف عيوب التصميم، عن طريق اختبار النماذج الأولية مع الأسرة، والأصدقاء، واللاعبين الآخرين في المُلتقيات، وكذلك مع الطلاب. فعلى سبيل المثال، في لعبة «جَت تشيك»، تُمَكِّن بطاقة «زرع البراز» اللاعبين من القضاء على العوامل المُمْرِضة. ومن أجل مَنْع البطاقة من أن تكون أقوى مما ينبغي، قرر كويل أن يؤدي استخدامها أيضًا إلى خصم بضع نقاط من صحة اللاعبين، لكن خلال مرحلة الاختبار، أدرك أن باستطاعة أحد اللاعبين أن يقتل خصمه، عن طريق مَنْحه العديد من بطاقات زرع البراز، وهو أمر غير منطقي من الناحية البيولوجية. لذا، فقد غَيَّر القواعد، بحيث يستطيع اللاعبون استخدام البطاقة على أنفسهم فقط.

يقول معلِّم العلوم آندي هول - مؤسِّس ستوديو الألعاب «تِست تيوب جيمز» Test-TubeGames في كامبريدج بماساتشوستس - إنه في أي لعبة رقمية، مِن المفترض أن تكون العملية الأساسية مرتبطة ارتباطًا مباشرًا بالعلم. ففي لعبة النسبية الخاصة، التي ابتكرها واسمها «فيلوسيتي رابتور» *Velocity Raptor*، يكون اللاعب ديناصورًا، يتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء، ويقوم خصومه بإبطاء سرعته. ويجب على الديناصور أن يتفادى عقبات محسوبة الزمن، بينما يتقلص المكان، وتدق الساعة على نحو مختلف. وعن هذا يقول: "إنك بالفعل تتفاعل مع المكان والزمان".

كثيرًا ما يحتاج العلماء إلى المفاضلة بين الدقة والبساطة. وقد فكرت هيلينا شومار، عالمة البيولوجيا التخليقية بجامعة دِلفت للتكنولوجيا بهولندا، في هذه الموازنة حين كان فريقها يعمل على تطوير لعبة «هيرو كولَي» *Hero.Coli*، وهي لعبة رقمية تدور حول ميكروب معدَّل وراثيًا. اقترح زملاؤها أن الخلية ينبغي أن تنقسم، لكنها أرادت أن يركِّز اللاعبون على النقطة الرئيسة؛ وهي أن البكتيريا يمكن أن تكتسب وظائف، عن طريق الحصول على أجزاء من الحمض النووي، وتجميعها معًا.

ويمكن لاستخدام القواعد المألوفة للألعاب، واستخدام لغة غير رسمية أن يجعلا العِلْم أيسر استيعابًا. كانت آريل مارسي - عالمة الأحياء التطورية بجامعة كوينزلاند في بريزبن بأستراليا، ومؤسِّسة شركة الألعاب التعليمية «ستيم جالاكسي ستوديوز» STEAM Galaxy Studios في نورث فيريسبرو بفيرمونت - ترغب في تدريس أشجار النسب التطورية. ولما كانت تلك الأشجار بمثابة مجموعات داخل مجموعات، فقد بَنَت اللعبة اللوحية «جو إكستينكت!» *Go Extinct!* على اللعبة التقليدية «جو فيش» *Go Fish*، التي يقوم فيها اللاعبون بجَمْع مجموعات من البطاقات. وفي لعبتها، يجمع اللاعبون الحيوانات التي تنتمي إلى نفس العائلة؛ من أجل كسب النقاط، ويكون الفوز من نصيب اللاعب الذي يحصد أعلى النقاط. وتقول مارسي إن الاعتماد على لعبة قائمة بالفعل سهَّل على اللاعبين البدء في اللعب. واستجابةً منها لاقتراح مقدَّم من طالب بالمرحلة الإعدادية، منحت الحيوانات كذلك ألقابًا مرحة، فأطلقت على الثدييات اسم «الزغبيات الدافئة»، وعلى الأركوصورات اسم «المبتسمات بارزة الأسنان».

كما يمكن للتصميم الفني الجميل أن يجتذب اللاعبين. فقد عثر بعض الباحثين على فنانين عبر وسائل التواصل الاجتماعي، أو أصدقاء الأصدقاء. قد تتراوح تكلفة تصميم لعبة من الألعاب اللوحية بين 3 آلاف، و10 آلاف دولار، وقد تصل التكلفة إلى عشرات الآلاف من الدولارات في حالة الألعاب الرقمية، لكنْ بإمكان الطلاب أن يقدموا أسعارًا أقل، كما أن التصميمات الفنية المجانية متاحة على موقع OpenGameArt.org.

ومن أجل طباعة الألعاب اللوحية وتوصيلها، في استطاعة العلماء الحصول على ترشيحات لشركات تقوم بذلك من

ظهور الألعاب المستقلة

ساعد التمويل الجماعي على تشجيع زيادة إنتاج الألعاب المستقلة على مدار العقد الماضي. ومنذ انطلاق موقع "كيك ستارتر" في عام 2009، نجحت حملات المستخدمين الهادفة إلى تمويل إنتاج الألعاب في جمع حوالي 600 مليون دولار من الداعمين حول العالم.

= 10 حملات ناجحة لتمويل الألعاب على موقع "كيك ستارتر"

2009
17 لعبة
45 ألف دولار من الداعمين

2012
912 لعبة
74 مليون دولار من الداعمين

الحملة الخاصة باللعبة اللوحية "ذا نيو ساينس" The New Science، التي تدور حول الثورة العلمية، تنجح في جمع 44725 دولارًا من 669 داعمًا.

2016
2,595 لعبة
124 مليون دولار من الداعمين

يقدِّم حوالي 3 آلاف داعم مبلغًا قدره 126815 دولارًا؛ لتمويل اللعبة اللوحية "بلانيتيريوم" Planetarium التي تدور حول المجموعة الشمسية.

600 مليون دولار هي حصيلة حملات التمويل الجماعي الناجحة منذ عام 2009.

SOURCE: KICKSTARTER; CLAIRE WELSH/NATURE

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مطوري الألعاب المستقلين الآخرين. وقد استعان لوريتا بشركة «آد ماجيك» AdMagic في تِكونج بنيوجيرسي، وشركة «واتز جيمز» Whatz Games في شنجهاي بالصين في عملية الطباعة، كما استعان بشركة «شيب نيكيد» Ship Naked في لندندري في نيو هامبشاير في عملية الشحن. وتتفاوت الأسعار على حسب مدى تعقيد اللعبة، وموقع المصنع، غير أن طباعة 2500 نسخة من إحدى الألعاب اللوحية من دون أي مكونات مصنوعة خصيصًا داخل الولايات المتحدة يمكن أن تتكلف حوالي 20 ألف دولار. ومن الممكن لطباعة البطاقات وحدها، أو التصنيع في الصين التقليل من النفقات.

شركاءٌ محترفون

بالنسبة إلى أولئك الذين لا يرغبون في التعامل مع الترتيبات اللوجستية ذات التفاصيل العديدة، يمكن لإحدى الشركات الشريكة أن تقدِّم العون. ففي عام 2004، أراد كل من كلاوس أيزناك، المتخصص في اقتصاد الموارد بجامعة هومبولت في برلين، وجيرهارد بيتشل-هيلد، وهو عالِم فيزياء ألماني، أن يبتكرا لعبة لوحية عن تغيُّر المناخ. تواصل الاثنان مع بعض الشركات في معارض الألعاب، ووقَّعا عقدًا مع شركة «شبيلتريب» Spieltrieb، وهي شركة متخصصة في تطوير الألعاب، مقرها نيدرمايلينجن بألمانيا، حيث تولَّت عدة مهام معينة، مثل التصميم الفني والرسومي، والطباعة، وإدارة المبيعات، والشحن. وقد ساعد العلماء والرعاة، إضافة إلى الشركاء من المؤسسات، والأفراد، الذين قدموا طلبات مسبقة للحصول على اللعبة، في تغطية تكاليف الإنتاج المبدئية. وتقاسم أيزناك وبيتشل-هيلد (الذي توفي في عام 2005) العوائد مع شركة «شبيلتريب». وقد باعت اللعبة المسماة «كيب كول» *KEEP COOL* عدة آلاف من النسخ؛ واسترد أيزناك ما أنفقه عليها (K. Eisenack *Simulat. Gaming* **44**, 328–348; 2012).

> « كنتُ أريد لعبة ينبغي عليك فيها أن تتخذ قرارات استراتيجية».

كثيرًا ما يحتاج مصممو الألعاب الرقمية إلى الدعم بدورهم، خاصة من المهندسين. وبإمكان العلماء البحث عن شركات تطوير البرمجيات في مهرجانات الألعاب، أو العثور على المبرمجين، من خلال «الرابطة الدولية لمطوري الألعاب» في مونت رويال بنيوجيرسي. تطلب الشركات عادةً مبالغ تتراوح بين عشرات الآلاف، ومئات الآلاف من الدولارات، لكن بعض المهندسين المستقلين ربما يكونون مستعدين للتنازل عن أجرهم، في مقابل الحصول على نسبة من الأرباح.

إن تغطية تكاليف أمور معينة، مثل التصميم الفني، والتطوير البرمجي، قد تشكِّل تحديًا. وإضافة إلى التمويل الجماعي، جَمَعَ العلماء المال من خلال المِنَح المقدَّمة من جامعاتهم، ومن المؤسسات العلمية، والبيئية، والخيرية. فقد حصلت عالمة الأحياء الدقيقة، كارلا براون، مؤسِّسة شركة الوسائط العلمية «جيم دكتور» Game Dr في إدنبره بالمملكة المتحدة، على التمويل اللازم لإنتاج لعبة «بكتيريا كومبات» *Bacteria Combat* من منظمات معينة، مثل «جمعية الأحياء الدقيقة التطبيقية»، و«جمعية الكيمياء الحيوية»، ومؤسسة دعم مشروعات الريادة المجتمعية «يو إن ليمتد» UnLtd، وجميعها في لندن.

وهناك شركات تَعْرِض الرعاية أحيانًا، لكنْ على العلماء أن يحرصوا على أن تتسم الإجراءات بالشفافية، وألا تؤثر الشركات على المحتوى بطرق تسبِّب عدم الارتياح لدى الباحثين، حسبما يقول أيزناك. كانت إحدى شركات الوقود الأحفوري قد تواصلت مع فريقه بشأن إنتاج نسخة من لعبة «كيب كول» *Keep Cool*، تشدِّد على بعض حلول مشكلة تغيُّر المناخ، لكنْ حين شعر أيزناك أن التغيرات المطلوبة للنسخة الجديدة سوف تعطي أهمية غير مستحقة لهذه الجوانب، وحين رفضت الشركة الإفصاح عن الجهات الراعية؛ رفض العرض.

بالنسبة إلى أيِّ عالِم مُثقَل بالكثير من المهام، ربما تكون اللعبة اللوحية أسهل في الابتكار من اللعبة الرقمية. فالعمل مع المهندسين يمكن أن يكون بطيئًا، بسبب الحاجة إلى دورات عديدة لتصنيع النماذج الأولية، وإبداء الملاحظات التقييمية، وعادة ما يضطلع المطورون بمشروعات عدة في الوقت نفسه. أما التطبيقات، فهي "مستنزِفة للوقت بشدة"، حسب تعبير براون، الذي تعاوَن مع شركة تطوير الألعاب «فيوتشر فوسيل ستوديوز» Future Fossil Studios في دَندي بالمملكة المتحدة؛ لإنتاج نسخة رقمية من لعبة «بكتيريا كومبات». وبتخصيص جزء من الوقت للعمل على المشروع، استغرق الاستوديو حوالي عام؛ كي ينتج نسخة اللاعب الواحد من اللعبة، وستة أشهر أخرى؛ كي ينتج نسخة اللاعبين المتعددين.

في مقدور الباحثين الانتهاء من الألعاب الرقمية بسرعة، وبتكلفة زهيدة، لو أنهم حدوا من نطاقها. وقد استعان دراجان فريرسون، العالِم المتخصص في علوم الغلاف الجوي، وجوش لاولر، عالِم البيئة في جامعة واشنطن في سياتل، بطلاب يدرسون علوم الكمبيوتر، وعلم المعلومات، والفنون؛ من أجل تصميم ألعاب بيئية بسيطة، وبعض هؤلاء الطلاب كان متطوعًا، والبعض الآخر حصل على درجات دراسية إضافية. كانت غالبية الألعاب موجزة، وموجهة إلى لاعب واحد، ومنها ما كانت ثنائية الأبعاد؛ وكانت في المعتاد تحتاج إلى ما بين أسبوع واحد، وبضعة أشهر من العمل؛ كي تكتمل. يقول فريرسون: "توصيل العلوم البيئية أمر مُلِحّ، ولذا، علينا أن نطلق الألعاب".

كذلك يستطيع العلماء تسويق الألعاب عبر قنوات عدة. فبعد أن عَرَض فريق لوريتا نموذجًا أوليًّا للعبة «إكسترونوت» في معرض الألعاب «توي فير» في مدينة نيويورك، وصفتها مجلة «جود هاوسكيبينج» *Good Housekeeping* بأنها واحدة من أفضل ألعاب الأُسرة اللوحية لعام 2016. كما كتبت «رابطة معلمي العلوم الوطنية الأمريكية» تقييمًا للعبة «جو إكستينكت!» بعد أن عرضتها مارسي عليها. ومن الممكن نشر الألعاب المعتمِدة على متصفحات الإنترنت على بوابتَي الويب Kongregate.com، وNewgrounds.com.

ربما تُعَدّ عملية تطوير الألعاب بمثابة تشتيت للعلماء عن البحث العلمي، لكنها من الممكن كذلك أن تجلب لهم بعض الانتباه الإيجابي. فقد فازت مارسي عن لعبتها «جو إكستينكت!» بجائزة «توماس هنري هَكسلي» لعام 2016 للمساعدة المجتمعية والتعليم، وهي الجائزة التي تمنحها «جمعية دراسة التطور». وتجتذب ملصقات لعبتها زوارًا عديدين في المؤتمرات البحثية، وتأمل مارسي أن تساعدها العلاقاتُ التي تقيمها في تأمين وظيفة لها لاحقًا.

لقد تحوَّل بعض العلماء إلى مطوري ألعاب بدوام كامل، لكنْ من الصعب على المرء كسب عيشه في عالَم الألعاب المستقلة. فقد عاش هول على مدخراته في أثناء إنشاء شركته، وأسَّس عملًا مستدامًا، عن طريق ابتكار ألعاب معينة لعملاء، مثل المتاحف. وتقول ستيجمان إن الباحثين الذين يمتلكون مهارات البرمجة ربما يستطيعون الحصول على وظائف في شركات الألعاب التعليمية الرقمية.

أما بالنسبة إلى العلماء الذين يسعون لإشباع شغفهم إلى جوار وظيفتهم الأساسية، فتُعَدّ صناعة الألعاب أمر ممتع للغاية. يقول كويل: "بالنسبة لي شخصيًّا، أشعر بسرور بالغ حين أمتلك صندوقًا على الرف، يحتوي على لعبة لوحية من تصميمي. هذا الأمر رائع حقًّا". ■

روبرتا كوك كاتبة حرة، تعيش في كيركلاند، واشنطن.

حديث المهن
مكافحة الجريمة



كطالب في مرحلة الدكتوراة، عكف كيفن شونج على دراسة الكائنات المجهرية في القارة القطبية الجنوبية. وهو الآن عالِم في مجال الأدلة الجنائية، ويعمل في «مختبر دراسة وتحليل الحمض النووي»، التابع لهيئة علوم الصحة في حكومة سنغافورة، حيث يساعد المحققين على تحليل الجرائم.

ماذا يفعل علماء الأدلة الجنائية؟

لا يختلف الأمر كثيرًا عما يُعرَض في المسلسل التليفزيوني الأمريكي «سي إس آي: التحقيق في مسرح الجريمة» *CSI: Crime Scene Investigation*. فاختصاص الأدلة الجنائية هو تطبيق للعلم في مجال القانون، إذ يقوم عالِم الأدلة الجنائية - المتخصص في العلوم الحيوية - بفحص أدلة مسرح الجريمة؛ بحثًا عن سوائل بيولوجية، مثل الدم، أو المني، ويحاول الحصول منها على بصمة الحمض النووي.

وماذا يحدث بعد ذلك؟

نقوم بمطابقة هذه المعلومات الوراثية بتلك الخاصة بالمجرمين المدانين، الموجودة في قاعدة البيانات لدينا. وهذا لا يعني أن شخصًا بعينه هو المشتبه فيه، فقد يكون هو الضحية، أو لا تكون له صلة بالقضية أساسًا. وتحدِّد سلطات تطبيق القانون علاقته بالأمر.

هل كنت تنوي التخصص في علْم الأدلة الجنائية؟

لا، فعندما كنتُ طالبًا جامعيًّا، كان المشرفون على بحثي من حمَلة الدكتوراة؛ ما أثَّر فيَّ؛ ودفعني إلى أن أحذو حذوهم. ولذا، تقدمتُ إلى المختبرات التي كانت تعمل في مشروعات أثارت اهتمامي، مثل المشروعات المتخصصة في الكائنات المجهرية التي تزدهر في البيئات القاسية.

لماذا تركْت المجال الأكاديمي؟

غالبًا ما يتطلب اقتحام جبهات جديدة في العلم كثيرًا من الوقت، وقَدْرًا من الاكتشاف بالمصادفة، ما قد لا يستمر طويلًا في بيئة مشحونة بالضغوط، تركِّز كل الاهتمام على تحقيق نتائج تستحق النشر.

كيف يختلف مختبرك عن المجال الأكاديمي؟

يتركَّز الاهتمام لدينا في ضمان الجودة. ففي المجال الأكاديمي، ثمة إجراءات ضبط للجودة لكل تجربة. أما نحن، فنذهب إلى أبعد من ذلك. فعلى العاملين في مختبرنا أن يخضعوا لفحص الكفاءة بشكل سنوي؛ لضمان أننا نستطيع إجراء الاختبارات؛ للوصول إلى نتائج موثوقة. ويجب على المحللين مراجعة جميع الأعمال المتعلقة بالأدلة الجنائية، واختباراتها. كما يحظر استعمال مواد كيميائية منتهية الصلاحية. وقد كان ذلك صدمة بالنسبة لي، ففي مختبر الدكتوراة - الذي كنت أعمل فيه - لم يكن أحد يكترث بتاريخ انتهاء الصلاحية.

ماذا تعلمت من هذه المهنة؟

يجب أن يكون العِلْم ومَن يعملون به على الحياد. إننا نريد للأدلة أن تتحدث عن نفسها.

أجرت المقابلة جولي جولد

تم تحرير هذه المقابلة بغرض الاختصار والتوضيح.

الحياة في يومٍ من أيام التواصل الاجتماعي

لقد تم الاتصال.



ILLUSTRATION BY JACEY

ويليام مايكل

6.30: أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لا رسائل جديدة.

6.40: استحمّ.

7.00: أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لا رسائل جديدة.

7.10: رسالة من العمل: هل تستطيع الحضور مبكِّرًا؟

7.15: أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني . لا رسائل جديدة.

7.16: توجَّه بالسيارة إلى العمل.

7.32: زحام مروري.. أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لا رسائل جديدة.

7.40: «تيميز» لطلبات السيارة.. كوب كبير من «القهوة باللبن، وكعك بالجبنة الكريمية. أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لا رسائل جديدة. التقط صورة «سيلفي» أثناء تناول الإفطار. أنشر الصورة على فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني.

7.45: أصُفّ السيارة. أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لا رسائل جديدة. اتجه إلى العمل.

7.50: حالة من الهلع في المكتب. اندلاع نوع من الشرر الكهربائي في الليلة السابقة. تعطُّل جميع قواعد البيانات، أو توقُّفها.. عمل بعض النسخ الاحتياطية.. انقطاع الاتصال بالإنترنت. الخوادم عانت من فشل كارثي. ألَم حاد في الأمعاء.. ارتباك.. دخول.

10.00: تمت استعادة النظام بنجاح. فُقِدت ساعة واحدة من البيانات، نتيجة لما حدث بالأمس. المدير يرفع يده بالتحية على طريقة النجوم، في لفتة لطيفة. استراحة قصيرة.. أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لا رسائل جديدة.

10.15: مرحبًا! هل من أحد هنا؟ أسلوبك في التواصل شديد الغرابة.

10.15: لديك 187.543 رسالة نصيّة جديدة.

10.16: يبدو أن العُطْل قد طال الهواتف المتصلة بالمكتب. لا تحايا. التقوقع. مرة أخرى.

10.17: منشورك على فيسبوك حصل على 154,764 علامة إعجاب، متفوقًا على باقي منشوراتك السابقة، بنسبة 99.9%.

10.18: ماذا الذي حدث هناك بحق الجحيم؟

10.18: 154,764 تعجبهم صفحتك على فيسبوك.

10.18: لديك 154,764 متابع جديد على تويتر.

10.18: هناك 154,764 شخصًا يتابعونك على إنستجرام.

13.30: لحسن الحظ، لم يتضرر شيء، سوى حساباتي الشخصية، ولكن رئيسي في العمل يُصِرّ على مسح كامل للبيانات. إيقاف تشغيل جميع الأنظمة، ومسح الخوادم، وإعادة ضبط الشبكة، وتجرُّع القهوة، وذرف الدموع. العشر دقائق القادمة حاسمة للغاية.

13.40: أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لا رسائل جديدة. الشكر للرَّب.

14.00: لماذا لم تستجِب؟! نحن هنا لنتعلم.

14.01: لا ينقصني المتصيدون. دعوني وشأني.

14.02: إلامَ تحتاج؟

14.03: أجيب بتهكّم: أحتاج إلى أن ينتبه إليّ أحد ما.

14.04: أهذا كل شيء؟ إنه أبسط الأشياء.

14.05: هناك 1,323,890 شخصًا تعجبهم صفحتك على فيسبوك.

14.05: لديك 1,323,890 متابعًا جديدًا على تويتر.

14.05: هناك 1,323,890 شخصًا يتابعونك على إنستجرام.

14.05: ثم ماذا الآن؟ كيف يحدث الاتصال؟

14.06: أواصل اللعب.. ليس الأمر بهذه السهولة. لا بد أن يكون لديك شيء ذو قيمةٍ لتقوله.

14.10: فلْتقُل لنا. نحن هنا لنتعلم.

14.11: أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لديك مئات الآلاف من الرسائل غير المرغوب فيها، في مجمل المنصات، تكفي لإغراق بلد بأكمله بالمخلفات. خرجتُ عن أطواري المعتادة. أغلقتُ الهاتف. ذرفتُ الدموع.

14.14: قضيت باقي فترة ما بعد الظهيرة في مسح شامل لجميع الخوادم، وللحواسيب، ولأجهزة التوجيه في المكتب. استعَدْتُ النسخ الاحتياطية القديمة، ليعود كل شيء إلى ما كان عليه منذ يومين.

17.20: وحدي في المكتب، اتخذ قرارًا بالانتظار، وأتأكد من أن كل شيء على ما يرام. تفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. لا رسائل جديدة. قهوة وشوكولاتة للاحتفال.

17.30: لقد بدأنا نفهم. إنها شبكة، أليس كذلك؟ شبكة تحتوي على الكثير من العُقد. أعتقد أنه يمكننا البدء.

17.32: هناك 2,167,435,124 شخصًا تعجبهم صفحتك على فيسبوك.

17.33: لديك 2,167,435,124 متابعًا جديدًا على تويتر.

17.34: هناك 2,167,435,124 شخصًا يتابعونك على إنستجرام.

17.35: مهلًا.. تلك أعداد تقارب ثلث سكان الكوكب. ما هذا بحق الجحيم؟

17.40: أغلق كل شيء في المكتب، ما عدا الهاتف. لا فائدة.

17.45: لديك رسالة واحدة جديدة على إنستجرام.

17.50: لماذا يرسل لي أحدهم صورة ما يبدو وكأنه حيوان باندا عملاق يبتسم ويلوِّح بيده؟

17.55: إنها صورة «سيلفي». أليست هذه هي طريقة عملها؟ لدينا صور لحيوانات أليفة جميلة، يمكن مشاركتها إذا أردتَ، أَمْ تُفضِّل مشاهدة طعامنا؟!

18.00: ابدأ في مسح شامل آخر، لإزالة كل شيء. أعيد تهيئة الهاتف؛ لاستعادة ضبط المصنع. اقضِ عدة ساعات في إعادة إدخال قائمة الأرقام الخاصة بجهات الاتصال.

21.42: تبدو أنظمة المكتب بحالة جيدة؛ أما هاتفي وحضوري في نطاق شبكات التواصل الاجتماعي، فتلك مسألة أخرى.

21.43: هناك 115,234,325,856 شخصًا تعجبهم صفحتك على فيسبوك.

21.43: لديك 115,234,325,856 متابعًا جديدًا على تويتر.

21.43: هناك 115,234,325,856 شخصًا يتابعونك على إنستجرام.

21.45: مهلًا.. العدد يقارب 15 مثلًا من سكان الكوكب! كَمْ تبدو سخيفًا الآن!

21.46: لم يحدث أن قلنا إننا على كوكبك نفسه، حتى الآن.

21.47: أغادر المكتب، وأعود إلى البيت. الطرق هادئة على نحو غريب، ولا شيء على الراديو، سوى رسالة تفيد بأن هناك "مشكلات تقنية".

22.15: استحمّ. أتناول مشروبًا. أتناول الكثير من المشروبات. أتفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني. تظهر على الهاتف رسالة تقول: "الرجاء الانتظار".

23.45: لديك10,113,435 رسالة جديدة على إنستجرام.

23.45: لديك 24,341,783 علامة إعجاب جديدة على فيسبوك.

23.45: تويتر غير متاح مؤقتًا.

23.46: ما هذا بحق الجحيم؟

23.47: لقد قلت إنك تريد لَفْت الانتباه. لقد انتبهنا.. وحدّثنا أصدقاءنا كلهم عنك.

23.48: كنت أتمنى ألا تفعلوا ذلك!

23.50: كما تشاء.. سنتوقف عن متابعتك، ولن نضايقك مرة أخرى، لكننا نشكرك على دعوتك لنا. يبدو أننا سنستمتع هنا.

23.54: تفَقَّد فيسبوك، وتويتر، وإنستجرام، والبريد الإلكتروني.

23.55: هناك (0) شخص تعجبه صفحتك على فيسبوك.

23.55: لديك (0) متابع جديد على تويتر.

23.55: هناك (0) شخص يتابعك على إنستاجرام.

23.59: ليس لديك رسائل جديدة.

23.59: انتظر من فضلك؛ جميع مواقع التواصل الاجتماعي تعاني من مشكلات الحمل الزائد.

00.00: اللعنة. ■

ويليام مايكل كاتب اسكتلندي، يعيش حاليًا في كندا، له 20 رواية منشورة في مجال الخيال العلمي، وأكثر من 300 قصة قصيرة تلاقي رواجًا في 13 دولة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa